



Aus dem medizinischen Zentrum für Augenheilkunde
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. Walter Sekundo
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg
in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH,
Standort Marburg

Analyse der primären Pars-plana Vitrektomie ohne eindellende Chirurgie in der Behandlung von rhegmatogenen Netzhautablösungen

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin
aus dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg

Vorgelegt von
Markus Wensing
aus Worms
Marburg, 2009

Angenommen vom Fachbereich Medizin
der Philipps-Universität Marburg am: 18.09.2009

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: Herr Prof. Dr. Rothmund
Referent: Herr Prof. Dr. Schmidt
Korreferent: Herr PD Dr. Bette
2. Korreferent: Herr PD Dr. Hoffmann

1	Einleitung.....	1
1.1	Was ist eine rhegmatogene Netzhautablösung.....	1
1.2	Geschichtlicher Überblick	2
1.3	Heutiger Stand.....	4
1.3.1	Operationstechnik der Vitrektomie	4
1.3.2	Indikationen zur Vitrektomie bei rhegmatogener Netzhautablösung ...	7
1.3.3	Vitrektomie mit oder ohne Cerclage?	8
1.4	Fragestellung.....	10
2	Patienten und Methoden.....	12
2.1	Studientyp und Studiendesign	12
2.2	Einschlusskriterien und Ausschlusskriterien	12
2.2.1	Einschlusskriterien	12
2.2.2	Ausschlusskriterien	13
2.3	Patienten	13
2.4	Optische Kohärenztomographie (OCT).....	14
2.4.1	Prinzipien und Technik.....	15
2.4.2	Darstellung der Makula mittels OCT	15
2.4.3	Durchführung der Untersuchung	17
2.4.4	Beurteilung und Interpretation der Ergebnisse	17
2.5	Methoden	18
2.5.1	Operationstechnik der Pars-plana Vitrektomie	18
2.5.2	Präoperative Befunde	21
2.5.3	Intraoperative Befunde.....	21
2.5.4	Kontrolluntersuchung	22
2.5.4.1	Anamnese.....	22
2.5.4.2	Bestkorrigierte Sehschärfe.....	22
2.5.4.3	Untersuchung der vorderen Augenabschnitte	24
2.5.4.4	Untersuchung der hinteren Augenabschnitte	24
2.5.4.5	Informationen von niedergelassenen Augenärzten	24
2.6	Statistik	26
3	Ergebnisse	27
3.1	Behandlung von Patienten mit rhegmatogener Netzhautablösung	27
3.2	Beschreibung des untersuchten Patientenkollektivs	28
3.3	Präoperative Befunde.....	29
3.4	Intraoperative Befunde.....	32
3.5	Endpunkte.....	34
3.5.1	Dauerhafte Netzhautanlage	34

3.5.2	Sehschärfe	36
3.6	Weitere postoperative Befunde	41
3.6.1	Anzahl der Operationen	41
3.6.2	Komplikationen	42
3.7	Ultrastruktur der Makula	43
3.7.1	Morphologie	44
3.7.2	Quantitative Analyse	47
3.8	Prä- und postoperativer Linsenstatus	51
4	Diskussion	53
4.1	Das Patientenkollektiv.....	53
4.2	Primäre Wiederanlage	54
4.3	Erneute Netzhautablösung	56
4.4	Sehschärfe	57
4.4.1	Allgemeines	57
4.4.2	Endgültige Sehschärfe.....	57
4.4.3	Sehschärfe $\geq 0,4$	58
4.4.4	Zeitlicher Verlauf nach rhegmatogener Netzhautablösung	59
4.4.5	Schwachpunkte der Sehschärfebestimmung	59
4.4.6	Zusammenfassung	60
4.5	Ultrastrukturelle Veränderungen der Makula.....	61
4.5.1	Morphologie	61
4.5.2	Quantitative Analyse	64
4.6	Linsenstatus	65
4.6.1	Pseudophakieablatio.....	65
4.6.2	Cataracta complicata	67
4.7	Komplikationen.....	68
4.7.1	Proliferative Vitreoretinopathie	69
4.7.2	Epiretinale Gliose.....	70
4.7.3	Weitere Komplikationen	71
4.8	Statistische Wertigkeit einer deskriptiven Fallserie.....	72
5	Zusammenfassung.....	74
6	Abstract.....	76
7	Literaturverzeichnis	78
8	Anhang	88
8.1	Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen.....	88
8.2	Verzeichnis der akademischen Lehrer.....	89
8.3	Danksagung.....	91

1 Einleitung

1.1 Was ist eine rhegmatogene Netzhautablösung

Eine Netzhautablösung ist allgemein definiert als Trennung der sensorischen Netzhaut vom retinalen Pigmentepithel durch subretinale Flüssigkeit. Die lochbedingte oder auch rhegmatogen genannte Netzhautablösung ist die weitaus häufigste Form und soll im Folgenden näher beschrieben werden. Desweiteren gibt es noch traktive und seröse Netzhautablösungen. Bei der serösen Netzhautablösung gelangt Flüssigkeit aus der Aderhaut durch eine schadhafte äußere Blut-Retina-Schranke in den subretinalen Raum. Sich kontrahierende Glaskörpermembranen ziehen bei der traktiven Form die Netzhaut vom Pigmentepithel.

Die Netzhaut kleidet das Augeninnere als lichtsensible Schicht aus. Sie wird von außen durch die Aderhaut und von innen durch den Glaskörper begrenzt. Die hintere Glaskörpergrenzmembran liegt überall der Lamina limitans interna der Netzhaut an. Im Laufe des Lebens unterliegt der Glaskörper Veränderungen und es kommt vor allem zu einer Verflüssigung des Glaskörpers mit nachfolgender Kondensation der verbliebenen Kollagenmatrix, wobei sich die hintere Glaskörpergrenzmembran im Rahmen einer hinteren Glaskörperabhebung größtenteils von der Membrana limitans interna ablöst. Nur an Glaskörperbasis und an der Papille gibt es zwei Stellen mit besonders starker Anheftung und dort bleibt der Glaskörper der Netzhaut anliegend. An anderen Lokalisationen können pathologischen Anheftungsstellen bestehen. Dort kommt es dann im Rahmen einer hinteren Glaskörperabhebung zu vitreoretinalen Traktionen zwischen hinterer Glaskörpergrenzmembran und Membrana limitans interna. Durch diese Zugkräfte können durchgreifende Defekte in die sensorische Netzhaut gerissen werden. Dies ist in der oberen Fundushälfte besonders häufig der Fall. Gelangt dann verflüssigter Glaskörper in den subretinalen Raum zwischen neurosensorischer Netzhaut und dem Pigmentepithel, so entsteht eine Trennung von Netzhaut und Pigmentepithel.

Weil die Photorezeptoren und die äußeren Schichten der Netzhaut hauptsächlich per Diffusion vom Pigmentepithel ernährt werden, kommt es bei einer Netzhautablösung zu ernährungsbedingten Schädigungen der Nervenzellen in den äußeren Schichten der Netzhaut. Einzige Möglichkeit den ischämischen Netzhautschaden zu begrenzen ist eine zügige operative Wiederanlage der Netzhaut.

1.2 Geschichtlicher Überblick

Ohne Behandlung schreiten die meisten rhegmatogenen Netzhautablösungen in ihrem Verlauf bis zur vollständigen Netzhautablösung fort und das Auge erblindet. Deshalb ist bei dieser Erkrankung eine chirurgische Behandlung immer indiziert.

Die moderne Ära der Netzhautchirurgie begann 1930 mit Gonin's Beschreibung der Pathogenese der rhegmatogenen Netzhautablösung und seinem Bericht über erfolgreiche Behandlungen (Gonin 1930). Er punktierte das Auge im Bereich des Netzhautlochs und induzierte mittels Hitze eine Verklebung der Ränder des Netzhautlochs. Auf diese Weise konnte er lochbedingte Netzhautablösungen erfolgreich behandeln. Es war nachgewiesen, dass Netzhautlöcher die Ursache der rhegmatogenen Netzhautablösung darstellen. Seitdem steht der Verschluss des Netzhautlochs im Zentrum der Behandlung. Netzhautlöcher waren damals aufgrund der zu dieser Zeit zur Verfügung stehenden Untersuchungsmöglichkeiten schwer zu lokalisieren. Diese Operationsmethode hatte keine hohe Erfolgsrate, da die Punktion häufiger das Netzhautloch verfehlte. Erst Jahre später wurde es mit der indirekten Ophthalmoskopie einfacher Netzhautlöcher auch intraoperativ zu lokalisieren (Schepens 1947). 1932 wurde die Diathermie in die Behandlung der rhegmatogenen Netzhautablösung eingeführt (Safar 1932). Sie ersetzte die so genannte Ignipunktur von Gonin und blieb bis in die 50er-Jahre des letzten Jahrhunderts die Methode der Wahl zur Behandlung rhegmatogener Netzhautablösungen.

Bengt Rosengren beobachtete bereits Ende der 30iger des letzten Jahrhunderts, dass bis zur Ausbildung einer chorioretinalen Narbe das Netzhautloch noch nicht verschlossen ist und erkannte dies als die Ursache für Misserfolge. Auf der Suche nach einer unmittelbaren Verschlussmöglichkeit von Netzhautlöchern gelangen ihm mit Luftinjektionen in den Glaskörperraum gute Behandlungserfolge (Rosengren 1938; Sebag 2004). Der Verschluss des Netzhautlochs wird durch die Oberflächenspannung der Luft erreicht, ein weiteres Eintreten von Flüssigkeit in den subretinalen Raum wird verhindert und die subretinale Flüssigkeit kann vom Pigmentepithel resorbiert werden. Die Luftinjektion in den Glaskörper wurde schon früher von Ohm beschrieben (Ohm 1911). Der Patient muss so gelagert werden, dass sich das Netzhautloch an der höchsten Stelle befindet. Vorteile dieser Vorgehensweise sind das glatte Anlegen der abgelösten Netzhaut und das direkte Verschließen des Netzhautloches. 1952 erreichte Rosengren mit dieser Methode eine primäre Wiederanlage der Netzhaut in 77% seiner Fälle. Diese Erfolgsrate ist vergleichbar mit den Erfolgsraten der pneumatischen Retinopexie wie sie heutzutage mit expandierenden Gasen durchgeführt wird. Allerdings wurde Rosengrens Operation damals wegen Berichten über Endophthalmitiden kaum akzeptiert und konnte sich nicht etablieren. Die Tamponade

der Netzhautlöcher mit Hilfe von Gas wurde erst wieder 1973 durch Norton durchgeführt (Norton 1973). Die Entwicklung zu einer minimal-invasiven Technik mit Injektion einer Sulfurhexafluorid-Gasblase (SF_6) in den Glaskörperraum kombiniert mit Exokryokoagulation oder Laserkoagulation führte zur Technik der pneumatischen Retinopexie wie wir sie heute kennen (Hilton und Grizzard 1986). Die pneumatische Retinopexie hat mit 73 % eine niedrigere primäre Erfolgsrate als die segmentale Plombenchirurgie (Tornambe und Hilton 1989). Weil die Traktionskräfte des Glaskörpers nicht entlastet werden, öffnen sich die Netzhautlöcher häufiger erneut. Verbreitung hat die pneumatische Retinopexie als kostengünstige und ambulant durchführbare Prozedur heutzutage eigentlich nur in den USA gefunden, wo sie bei bestimmten Formen der rhegmatogenen Netzhautablösung eingesetzt wird. Auf der Suche nach einer anderen Methode, die den Kontakt von Netzhaut mit ihrer physiologischen Unterlage gewährleisten soll, entwickelte Ernst Custodis die eindellende Plombenchirurgie (Custodis 1953). Er nähte eine Polyviolplombe über dem Netzhautloch auf die Sklera. Durch diese Plombe wölbt sich die Sklera nach innen zur Netzhaut vor. Die höhere primäre Erfolgsrate dieser Operationsmethode gegenüber der pneumatischen Retinopexie ist auf die zusätzliche Entlastung von Glaskörpertraktionen zurückzuführen. Custodis verzichtete auf das Drainieren der subretinalen Flüssigkeit und beobachtet nach der Operation eine rasche Resorption der subretinalen Flüssigkeit. In den USA setzte sich die Plombenchirurgie wegen der hohen Zahl skleraler Abszesse vorerst nicht durch (Schepens et al. 1960). Erst als die Plombenoperation in den folgenden Jahren modifiziert und verfeinert wurde, gelang ihr der Durchbruch (Lincoff et al. 1965). Zu den Modifikationen gehörte die Entwicklung eines Silikonschwamms mit geeigneten elastischen Eigenschaften und einer guten Gewebeverträglichkeit. Weiterhin wurde die Ursache der Skleraabszesse im Tierversuch geklärt. Sie waren der diathermieinduzierten Nekrose der Sklera zuzuschreiben. Mit der Kryokoagulation wurde eine Methode gefunden, welche auf der einen Seite eine chorioretinale Vernarbung induzierte und auf der anderen Seite keine Skleranekrose verursachte (Lincoff et al. 1970). Mit der episkleralen Plombe und Kryokoagulation erreichte man eine primäre Wiederanlage der Netzhaut in bis zu 91% und nach der zweiten Plombenoperation lag die Netzhaut in bis zu 97% an (Barrie et al. 2003). Seit dieser Zeit stand die segmentale Plombenchirurgie im Mittelpunkt der Therapie von rhegmatogenen Netzhautablösungen. Etwa zeitgleich mit der Beschreibung der Plombenoperation durch Custodis wurden erstmals Umschnürungsoperationen mit einer Cerclage erwähnt (Schepens et al. 1957). Das theoretische Konzept der Cerclage besteht in der Abriegelung der zentralen Netzhaut von der Netzhautpathologie in der Peripherie, der Entlastung von Glaskörpertraktionen

an der Glaskörperbasis und dem Lochverschluss an der Glaskörperbasis (Ziemssen und Bartz-Schmidt 2004). Zu Beginn wurde die Cerclage im Bett einer Skleralammelierung aufgenäht (Shapland 1953). Die Skleralammelierung wurde wegen der Gefahr der Skleranekrose nach Diathermiebehandlung durchgeführt. Durch das schonendere Verfahren der Retinopexie durch Kryokoagulation (Lincoff et al. 1970) konnte auf die Skleralammelierung verzichtet werden und die Cerclage wurde durch Naht auf der Sklera befestigt. Heute verwendet man für die Cerclage Bänder aus Silikon.

Bei komplizierten Netzhautbefunden wie zum Beispiel Riesenrissen oder zentral gelegenen Löchern stößt die segmentale Plombenchirurgie an ihre Grenzen. Die Prognose dieser komplexen Netzhautablösungen konnte erst mit der Glaskörperchirurgie verbessert werden. 1971 wurde mit der Entwicklung eines Vitrektors und dem Zugang zum Glaskörperraum über die Pars plana erstmals die Vitrektomie im geschlossenen System möglich (Machemer et al. 1971), der so genannten Pars-plana Vitrektomie.

1.3 Heutiger Stand

1.3.1 Operationstechnik der Vitrektomie

Seit der ersten Beschreibung der Pars-plana Vitrektomie von Robert Machemer (Machemer et al. 1971) haben sich Instrumente, Operationstechnik, Erfahrung und Wissen enorm weiterentwickelt. Die heutige Vitrektomie führt man als 3-port-Pars-plana Vitrektomie in Intubationsnarkose oder Lokalanästhesie durch. Für den Zugang zum Augeninneren über die Pars plana legt man drei Sklerotomien 3,5 mm hinter dem Limbus an.

Im Gegensatz zum ersten Glaskörperschneidegerät, dem „vitreous infusion suction cutter“ (VISC) mit einem Durchmesser von 17 gauge, sind heute der Zugang für die intraokulare Infusion und der Glaskörperschneider nicht mehr in einem Instrument miteinander verbunden. Weiterhin werden heutzutage Instrumente mit einem Durchmesser von 20 gauge (0,89 mm) eingesetzt. Bestrebungen gehen dahin die Instrumente weiter zu verkleinern und es werden auch Systeme mit einem Durchmesser von 23 und 25 gauge eingesetzt. Alle heutigen Vitrektomiesonden besitzen eine Saugöffnung mit einem oszillierenden Messer. Neben der Weiterentwicklung von Vitrektomiesonden wurden in der Zwischenzeit viele Instrumente für verschiedene Aufgaben entwickelt, zum Beispiel Pinzetten und Scheren zum Entfernen von Membranen.

1 Einleitung

Auch die Visualisierung des Glaskörperraums hat sich durch neue optische Systeme sowie neu entwickelte Lichtquellen enorm verbessert. Heutige Operationsmikroskope ermöglichen coaxiale Beleuchtung, Stereoskopie und eine bis zu 30-fache Vergrößerung. Zusätzlich kann seit der Einführung von Weitwinkeloptiken die Netzhautperipherie besser eingesehen werden. Es stehen heute zwei Systeme zur Verfügung, die sich bezüglich ihrer verwendeten Linsen und des einsehbaren Winkels unterscheiden. Zum einen gibt es optische Systeme mit wide-field-Kontaktlupen z.B. von Volk. Hier wird die Linse direkt auf der Hornhaut ausgerichtet und fixiert. Demgegenüber stehen Systeme, welche ohne Kontakt zur Hornhaut funktionieren. Eines dieser Systeme ist das binokulare indirekte Ophthalmomikroskop (BIOM) und wurde erstmals 1987 beschrieben (Spitznas 1987). Dieses System erzeugt ein auf dem Kopf stehendes und seitenverkehrtes Bild. Der stereodigitale Inverter (SDI) ist ein System aus Prismen, welches in das Operationsmikroskop integriert ist und das seitenverkehrte und auf dem Kopf stehende Bild in ein aufrechtes und seitengleiches Bild umwandelt (Spitznas und Reiner 1987). Auf diese Weise wird eine Darstellung des Augenhintergrundes bis zu einem Winkel von 120° möglich. Mit der Endoillumination als Lichtquelle ist das Operieren am hinteren Glaskörper gut möglich, während mit der coaxialen Lichtquelle und zusätzlicher Indentation bei weiter Pupille ein Teil des anterioren Glaskörpers dargestellt werden kann. Zur Visualisierung des anterioren Glaskörpers wurde in Marburg mit der externen diaphanoskopischen Illumination eine weitere Operationstechnik entwickelt. (Schmidt et al. 2000). Hierbei wird ein Indentator aus Metall mit einer konventionellen Kaltlichtquelle kombiniert. Mit diesem System, dem so genannten diaphanoskopischen Illuminator (DIL) kann man gleichzeitig indentieren und sich diaphanoskopisch den anterioren Glaskörper darstellen. Dadurch ist ein pseudo-bimanuelles Operieren an der Glaskörperbasis möglich. Diese Technik wird in Marburg zur ausgiebigen Entfernung der Glaskörperbasis routinemäßig bei allen Vitrektomien angewendet.

Nach möglichst kompletter Entfernung des Glaskörpers wird die Netzhaut angelegt. Schwere Flüssigkeiten zum Beispiel flüssige Perfluorcarbone (PFCL) können bei der Drainage der subretinalen Flüssigkeit über die vorhandenen Netzhautlöcher und damit zum glatten Anlegen der Netzhaut bei rhegmatogenen Netzhautablösung verwendet werden.

Die Aufgabe der Endotamponade besteht im glatten Anlegen der Netzhaut und im Verschluss der Netzhautlöcher, bis sich die chorioretinalen Narben um die Netzhautlöcher ausgebildet haben. Zur Endotamponade kann man heute zwischen Luft, expandierenden Gasen und Silikonöl wählen. Luft hat den Nachteil, dass sie schnell resorbiert wird und die chorioretinalen Narben noch nicht ausreichend

ausgebildet sind. Die expandierenden Gase lösen sich in Wasser und damit auch im Blut schlechter als in Stickstoff. Daher diffundieren alle Gase, insbesondere aber Stickstoff aus dem Blut in die Gasblase. Um einen extremen intraokularen Druckanstieg zu vermeiden, können diese Gase nur als Gemisch mit Luft als Endotamponade verwendet werden. Da es bezüglich seiner Expansion und damit auch bezüglich des postoperativen Augeninnendrucks gut zu dosieren ist, hat sich als Standardtamponade bei rhegmatogener Netzhautablösung das expandierende Gas Sulfurhexafluorid (SF_6) mit einer Halbwertszeit von 5-7 Tagen durchgesetzt. Bevor man diese Substanz für die Ophthalmologie entdeckte wurde sie schon in der Therapie der Tuberkulose angewendet, und zwar um einen langandauernden Pneumothorax anzulegen. Es waren Edward Norton (McLean und Norton 1974) und Robert Machemer, die den Wert von Sulfurhexafluorid als Endotamponade für die Netzhautchirurgie entdeckten (Fineberg et al. 1975). Eine weitere wichtige Gruppe expandierender Gase stellen die Perfluorcarbongase dar, eine Familie von kurzen fluorierten Kohlenstoffketten mit der Formel $\text{C}_n\text{F}_{2n+2}$. Die Eigenschaften von den heute etablierten Perfluorcarbongasen Perfluormethan (CF_4), Perfluorethan (C_2F_6) und Perfluorpropan (C_3F_8) wurden 1980 beschrieben (Lincoff et al. 1980). Vor allem Perfluorethan und Perfluorpropan expandieren stärker (3-4x) als Sulfurhexafluorid (2,5x) und besitzen eine noch längere Halbwertszeit im Glaskörperraum. Silikonöl wurde zum ersten Mal 1962 in die Netzhautchirurgie eingeführt (Cibis et al. 1962). Wegen der berichteten Komplikationen konnte sich der Gebrauch von Silikonöl zur Endotamponade längere Zeit nicht durchsetzen. Erst durch die Weiterentwicklung der Operationstechnik (Zivovnovic et al. 1982) und durch den verbesserten Kammerwasserkreislauf mit Hilfe der Ando-Iridotomie (Beekhuis et al. 1987) konnten schwerste Formen proliferativer Vitreoretinopathie mit Silikonöl als Endotamponade behandelt werden. Trotzdem ist der Gebrauch von Silikonöl wegen der Komplikationen auf den Einsatz in komplizierten Fällen mit proliferativer Vitreoretinopathie beschränkt. Ferner bedarf es auch einer weiteren Operation, um das Silikonöl wieder zu entfernen. Die Silicone Study Group stellte die Ergebnisse mit Silikonöl und Perfluorpropan bei Netzhautablösungen mit proliferativer Vitreoretinopathie gegenüber und konnte keine signifikanten Unterschiede gegenüber expandierenden Gasen feststellen (Abrams et al. 1997).

Besteht eine Linsentrübung, die den Einblick und damit das Operieren erschwert, so kann heute eine Kataraktoperation sicher mit der Pars-plana Vitrektomie kombiniert werden. Neben einer besseren intraoperativen Visualisierung der Netzhaut liegt der Vorteil dieses Vorgehens darin, dass der periphere Glaskörper besser erreicht werden kann. Die so genannte Phakoemulsifikation mit Implantation einer Hinterkammerlinse

in den Kapselsack gefolgt von einer 3-port-Pars-plana Vitrektomie stellt zurzeit die bevorzugte Operationstechnik dar. Zwischen einzelnen Operateuren kann es kleinere Unterschiede bezüglich der Operationstechnik geben. Empfohlen wird unter anderem die Verwendung von Intraokularlinsen mit einer großen Optik (Demetriades et al. 2003).

1.3.2 Indikationen zur Vitrektomie bei rhegmatogener Netzhautablösung

Der Wert der Vitrektomie lag zum Zeitpunkt ihrer ersten Beschreibungen vor allem darin, dass sie Netzhauterkrankungen die vorher nicht behandelbar waren eine Therapiemöglichkeit eröffnete (Klöti 1983; Escoffery et al. 1985). Gerade bei Befunden, die eine Netzhautablösung komplizieren, und dadurch die primäre Erfolgsrate der segmentalen Plombenchirurgie limitieren, hat sich die primäre Pars-plana Vitrektomie durchgesetzt. Zu diesen Befunden gehören eine proliferative Vitreoretinopathie im Stadium C (Sell et al. 1987), rhegmatogene Netzhautablösungen mit Makulaforamina (Ripandelli et al. 2001), Riesenrisse und Netzhautablösungen mit zusätzlicher Aderhautamotio (Sharma et al. 1998).

Die Autoren der ersten Vitrektomien bei Netzhautablösungen hatten eine primäre Erfolgsrate von 79% (Klöti 1983; Escoffery et al. 1985). Durch die Verbesserungen und Verfeinerungen zur heutigen Operationstechnik wird eine primäre Pars-plana Vitrektomie in der Behandlung der rhegmatogenen Netzhautablösung immer häufiger eingesetzt (Ah-Fat et al. 1999; Minihan et al. 2001; Johnson et al. 2002). Zum Beispiel besteht bei Trübungen der optischen Medien durch eine Glaskörperblutung aufgrund der reduzierten Darstellbarkeit des Fundus ein hohes Risiko Netzhautlöcher primär zu übersehen. Daher empfehlen die Autoren auch in diesem Fall eine primäre Pars-plana Vitrektomie durchzuführen und beschreiben für dieses Patientenkollektiv eine primäre Wiederanlage in 87% der Fälle (Hoerauf et al. 1997).

Daneben gibt es viele präoperative Befunde bei rhegmatogener Netzhautablösung, bei denen die Auffassung über die erfolgversprechendere Behandlungsmethode zwischen verschiedenen Operateuren variiert. Unter anderem wurde die primäre Pars-plana Vitrektomie für komplexe Lochsituationen mit großen Löchern, hinter dem Äquator lokalisierten Löchern und multiplen Löchern vorgeschlagen (el Asrar 1997). Eine andere Studie fand bei komplexen Netzhautlöchern keine unterschiedliche Erfolgsrate zwischen primärer segmentaler Plombe und primärer Vitrektomie (Roider et al. 2001). Falls präoperativ gar keine Löcher identifiziert werden können, befürworten einige Autoren ebenfalls die Vitrektomie (Desai und Strassman 1997; Brazitikos et al. 1999). Die primäre Pars-plana Vitrektomie bei pseudophaken und aphaken Augen mit rhegmatogener Netzhautablösung wurde häufig beschrieben (Verbraeken et al. 1986;

Bovey et al. 1998; Campo et al. 1999). Die Pars-plana Vitrektomie hat bei pseudophaken und aphaken Augen den Vorteil, dass die häufig nach Vitrektomie auftretende Trübung der natürlichen Linse keine Rolle spielt. Zurzeit läuft noch eine klinische Studie zum Vergleich der episkleralen Plombenoperation mit der Vitrektomie bei pseudophaken Augen (Brazitikos 2000). Eine kürzlich veröffentlichte prospektive randomisierte Multizenterstudie konnte allerdings keinen Unterschied zwischen episklärer Plombe und Vitrektomie feststellen (Ahmadieh et al. 2005).

Zum Vergleich von primärer Pars-plana Vitrektomie und eindellender extraokularer Chirurgie bei einem vergleichbaren Patientenkollektiv wurden bis heute nur wenige Studien durchgeführt, unter anderem von Miki, Oshima und Ahmadieh (Oshima et al. 2000; Miki et al. 2001; Ahmadieh et al. 2005). Keiner dieser drei Autoren konnte hierbei Unterschiede für den anatomischen und funktionellen Erfolg zwischen beiden Gruppen feststellen. Die Behandlung rhegmatogener Netzhautablösungen mit Vitrektomie ist trotz der zunehmenden Verbreitung und der hoch entwickelten Operationstechnik immer noch mit einer signifikanten Reablatiorate, unbefriedigendem funktionellem Ergebnis und einer hohen Komplikationsrate assoziiert (Heimann et al. 2006). Die theoretischen Vorteile der Vitrektomie gegenüber der Plombenoperation liegen in der besseren Visualisierung und der Entfernung der Glaskörperpathologie. Es ist daher enttäuschend, dass die kumulative Erfolgsrate nach der ersten Operation von 85% niedriger ist als nach segmentaler Plombe ist (Barrie et al. 2003). Die Erfolgsrate nach segmentaler Plombenchirurgie ohne Drainage von 91% nach erster Operation und 97% nach zweitem Eingriff (Barrie et al. 2003) sind sehr beeindruckend.

Bisher konnte sich in der Behandlung rhegmatogener Netzhautablösungen keine Operationstechnik gegenüber der anderen als überlegen zeigen. Beide Methoden können mit ähnlichen Erfolgsraten angewendet werden. Bei dem breiten Spektrum anatomischer Netzhautbefunde bei rhegmatogener Netzhautablösung scheint ein differenziertes operatives Vorgehen für verschiedene Ausgangssituationen vernünftig. Deshalb glauben wir, dass beide Operationstechniken auch in Zukunft wichtige Bestandteile in der Behandlung der rhegmatogenen Netzhautablösung bleiben werden.

1.3.3 Vitrektomie mit oder ohne Cerclage?

Die erste Beschreibung der primären Pars-plana Vitrektomie ohne eindellende Chirurgie stammt aus dem Jahr 1983 (Klötli 1983). In der folgenden Zeit wurden die primären Pars-plana Vitrektomien häufig mit einer Cerclage kombiniert. Der Hintergrund waren die schlechte visuelle Kontrolle der Glaskörperbasis vor der Entwicklung von optischen Weitwinkelsystemen und der Wunsch nach einer Prophylaxe vor einer erneuten Netzhautablösung. Die Glaskörperbasis konnte auf

diese Weise intraoperativ besser dargestellt werden und es wurde durch die zusätzliche Entlastung der Glaskörperbasis eine höhere primäre Wiederanlage postuliert. Der theoretische Nutzen einer Cerclage in der Prophylaxe einer erneuten Netzhautablösung liegt vor allem in der Absicherung von kleinen, leicht zu übersehenden Foramina und der Entlastung von Traktionskräften an der Glaskörperbasis. Eine frühere Studie konnte für eine Cerclage bei aphaken Augen keine höhere Wiederanlagerate nachweisen (Morse 1988). Auch für andere Patientenkollektive ergaben sich bisher keine signifikanten Vorteile durch die Cerclage (Oshima et al. 1999; Pournaras und Kapetanios 2003). Entsprechend werden bei der Vitrektomie sowohl ohne als auch mit Cerclage vergleichbare Wiederanlageraten erzielt (Tabelle 10). Aufgrund der verbesserten operativen Möglichkeiten mit Weitwinkelsystemen sind heute eine gute Identifikation von Netzhautlöchern und eine ausgiebige Entfernung der Glaskörperbasis auch ohne Cerclage möglich. Deshalb empfehlen einige Autoren auf eine zusätzliche Cerclage zu verzichten (Oshima et al. 1999) oder nur bei bestimmten Indikationen einzusetzen (Ziemssen und Bartz-Schmidt 2004). Bei ausgeprägter anteriorer proliferativer Vitreoretinopathie, Schrumpfung der Netzhaut im Rahmen eines fibrotischen Prozesses oder Aderhautverletzungen ist eine zusätzliche Cerclage von Vorteil und gerechtfertigt (Ziemssen und Bartz-Schmidt 2004).

Entscheidet man sich für eine Cerclage so wird diese vor der Vitrektomie mit Matratzennähten in allen 4 Quadranten fixiert. Der Verschluss der Cerclage erfolgt wegen der guten Zugänglichkeit meist im oberen temporalen Quadranten.

Die Komplikationen einer Cerclage sind vielfältig. Es werden vor allem Störung der Augenmotilität in bis zu 25% der Fälle beschrieben (Farr und Guyton 2000). Dadurch wird die propriozeptive Funktion und die Binokularität nachhaltig eingeschränkt (Weir et al. 2001). Durch den einschnürenden Effekt mit nachfolgender Verlängerung des Bulbus kommt es zu einer Änderung der Refraktion mit Myopisierung (Smiddy et al. 1989; Faude et al. 2002). Bei Kindern kommt es zur Hemmung des Augenwachstums (Sato et al. 2003). Eine weitere Komplikation ist die Durchwanderung der Cerclage durch die Bindehaut (Nguyen et al. 2001). Bezüglich der Durchblutung am Auge wird eine Reduktion der Choroideazirkulation beschrieben (Yoshida et al. 1983). Diese reduzierte Durchblutung kann im ausgeprägtesten Fall zu einem anterioren Ischämiesyndrom führen (Hayreh und Scott 1979). Sogar bei segmentalen Plomben kann man eine temporär verminderte Choroideazirkulation nachweisen (Ito et al. 2005). Auch Aderhautblutungen und Aderhautabhebungen gehören zum Komplikationsspektrum der Cerclage (Ambati und Arroyo 2000).

1.4 Fragestellung

In der Universitäts-Augenklinik Marburg werden zur Therapie rhegmatogener Netzhautablösungen verschiedene Operationstechniken angewendet. Die Operateure der Marburger Augenklinik besitzen ähnlich große Erfahrung mit der segmentalen Plombenchirurgie wie mit der Pars-plana Vitrektomie. Es besteht das Konzept die Plombenchirurgie als das weniger invasive Verfahren der primären Pars-plana Vitrektomie vorzuziehen. Das „Standardverfahren“ bei einfachen Netzhautablösungen stellt deshalb die segmentale Plombenchirurgie ohne Drainage der subretinalen Flüssigkeit dar. Bei Vorliegen komplexer Netzhautbefunde betrachtet man die Erfolgsaussichten einer primären Plombenoperation als eingeschränkt und es wird die Indikation für eine primäre Pars-plana Vitrektomie gestellt. Diese Pars-plana Vitrektomie kann mit einer Cerclage kombiniert werden. Eine zusätzliche Cerclage soll Traktionskräften an der Glaskörperbasis entgegenwirken und man verspricht sich in diesen Fällen eine höhere Erfolgsrate für die Netzhautanlage.

Bei unkomplizierten Netzhautablösungen wurden bereits einige deskriptive Fallserien zu primärer Pars-plana Vitrektomie mit und ohne Cerclage veröffentlicht (Tabelle 10). Leider liegen keine evidenzbasierten Daten vor, welche die Ergebnisse einer Vitrektomie ohne Cerclage einer Vitrektomie mit Cerclage in einem vergleichbaren Patientenkollektiv gegenüberstellen. Bei nicht nachgewiesenem Nutzen besteht die Gefahr der Überbehandlung mit der Folge das Ergebnis der Pars-plana Vitrektomie durch die erhöhte Komplikationsrate zu verschlechtern.

Seit dem Jahr 2000 und der Einführung der widefield-Lupen wird an der Universitäts-Augenklinik Marburg vermehrt eine primäre Pars-plana Vitrektomie bei Netzhautablösungen ohne zusätzliche eindellende Maßnahmen durchgeführt. Vor dem Jahr 2000 wurde außerdem häufiger Silikonöl als Endotamponde verwendet. Wenn starke Traktionen im Bereich der Glaskörperbasis, Verkürzungen der Netzhaut oder inferiore Netzhautablösungen bestanden, wurde auch während des Rekrutierungszeitraums primäre Pars-plana Vitrektomien mit einer Cerclage kombiniert (Abb. 1 und Abb. 2).

Das Ziel dieser Arbeit ist eine deskriptive Analyse der primären Pars-plana Vitrektomie ohne zusätzliche eindellende Chirurgie, das heißt ohne zusätzliche Cerclage oder segmentale Plombe, in der Behandlung komplizierter rhegmatogener Netzhautablösungen bezüglich der für den Patienten wichtigsten Endpunkte. Zu diesen Endpunkten zählen wir den anatomischen Erfolg, die funktionellen Ergebnisse und die Komplikationen. Ein Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen in Marburg angewendeten Operationstechniken ist nicht sinnvoll, da sich die Patientenkollektive auf Grund von Selektion bezüglich ihrer Ausgangsbefunde unterscheiden.

Darüber hinaus soll mittels optischer Kohärenztomographie geklärt werden, welche ultrastrukturellen Veränderungen nach rhegmatogener Netzhautablösung und Behandlung mit vitreoretinale Chirurgie im Makulabereich nachweisbar sind. Auf der Basis dieser Ergebnisse und einem Literaturvergleich sollen dann die Indikationen zur primären Pars-plana Vitrektomie ohne eindellende Chirurgie gegenüber der primären Pars-plana Vitrektomie mit Cerclage diskutiert werden. Weiterhin soll in Abhängigkeit der Ergebnisse eine Hypothese bezüglich des zusätzlichen Nutzens einer Cerclage für unser spezielles Patientenkollektiv formuliert werden. Diese Hypothese könnte dann in zukünftigen vergleichenden Studien geprüft werden und die Ergebnisse dieser Arbeit könnten als Grundlage zukünftiger prospektiver Studien dienen. Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es keine Studie, welche die Ergebnisse einer Pars-plana Vitrektomie ohne Cerclage einer Pars-plana Vitrektomie mit Cerclage gegenüberstellt.

2 Patienten und Methoden

2.1 Studientyp und Studiendesign

Das Ziel dieser Studie ist die Analyse der Ergebnisse nach primärer Pars-plana Vitrektomie ohne Buckel bei rhegmatogener Netzhautablösung für ein bestimmtes Patientenkollektiv mit einer Nachbeobachtungszeit von mehr als 6 Monaten. Die wichtigen Endpunkte der Arbeit umfassen den anatomischen Erfolg, die Sehschärfe und das Komplikationsspektrum. Weiterhin soll nach der Behandlung mit Hilfe der optischen Kohärenztomographie eine ultrastrukturelle Beurteilung der Makula vorgenommen werden.

Die Klärung dieser Fragen erfolgt im Rahmen einer prospektiven retrolektiven deskriptiven Fallserie mit Hilfe von dokumentierten Befunden aus den Patientenakten, Informationen von niedergelassenen Augenärzten und zusätzlichen Kontrolluntersuchungen in der Universitäts-Augenklinik Marburg.

Der Rekrutierungszeitraum wurde für die Zeit vom 01.01.2000 bis zum 31.12. 2004 festgesetzt. Alle zusätzlichen Kontrolluntersuchungen wurden zwischen dem 01.03.2005 und dem 16.09.2005 durchgeführt. Die Informationen von den niedergelassenen Augenärzten wurden im selben Zeitraum erfasst.

Die Patienten wurden telefonisch zu einer zusätzlichen Kontrolluntersuchung eingeladen. Zuerst erhielten die Patienten Informationen zum Studiendesign und zu Ablauf der geplanten Kontrolluntersuchung. Anschließend wurden sie gefragt, ob sie zu einer zusätzlichen Kontrolluntersuchung in der Universitäts-Augenklinik Marburg bereit wären und sich dort vorstellen könnten.

2.2 Einschlusskriterien und Ausschlusskriterien

2.2.1 Einschlusskriterien

In diese Studie wurden alle rhegmatogen bedingten Netzhautablösungen, die im Beobachtungszeitraum mit einer primären Pars-plana Vitrektomie ohne Buckel behandelt wurden, eingeschlossen.

Rhegmatogene Netzhautablösungen mit einem Trauma in der Anamnese, gleichgültig ob Contusio bulbi oder perforierende Verletzung, wurden nicht ausgeschlossen. Auch rhegmatogene Netzhautablösungen bei Augen mit einer vorangegangenen „Vernarbungsbehandlung“ mittels Netzhautkryokoagulation oder Netzhautlaserkoagulation bei Netzhautlöchern wurden nicht ausgeschlossen. Ebenfalls

wurden keine Augen auf Grund anderer Netzhauterkrankungen ausgeschlossen, sofern es sich nicht um andere Formen einer Netzhautablösung handelte.

Das nächste Einschlusskriterium betrifft den Zeitraum, und zwar musste die primäre Pars-plana Vitrektomie ohne Buckel zwischen dem 01.01.2000 und dem 31.12.2004 durchgeführt worden sein. Kombinierte Operationen mit einer Vitrektomie und Katarakt-Operation durch Phakoemulsifikation und Implantation einer Intraokularlinse in den Kapselsack wurden mit eingeschlossen.

2.2.2 Ausschlusskriterien

Ausgeschlossen wurden Augen, die keine rhegmatogene Netzhautablösung aufwiesen, wie zum Beispiel eine proliferative diabetische Retinopathie oder eine exsudative Netzhautablösungen.

Alle Vitrektomien die auf Grund anderer ophthalmologischer Erkrankungen durchgeführt wurden, wurden nicht in die Auswertung mit einbezogen. Als Beispiele seien hier die subretinale Chirurgie bei choroidaler Neovaskularisation, die Makulatranslokation bei altersbedingter Makuladegeneration oder die Sheatotomie bei Astvenenverschluss der Netzhaut erwähnt. Auch penetrierende Bulbusverletzungen wurden ausgeschlossen.

Da es in dieser Arbeit um die Analyse der Vitrektomie als primäre Behandlungsform ging, wurden alle Augen mit vorangegangener Vitrektomie in der Krankheitsgeschichte ausgeschlossen.

Alle primären Pars-plana Vitrektomien mit eindellenden Maßnahmen wurden ebenfalls ausgeschlossen, unabhängig davon ob es sich um eine segmentale Plombe oder eine Cerclage handelte.

Ein weiteres Ausschlusskriterium stellte ein Nachbeobachtungszeitraum von weniger als 6 Monaten dar.

2.3 Patienten

Die Operationsbücher wurden für den Zeitraum vom 01.01.2000 bis zum 31.12.2004 nach primären Eingriffen bei rhegmatogenen Netzhautablösungen durchsucht. Für den Beobachtungszeitraum wurden 626 primäre Operationen bei rhegmatogener Netzhautablösung identifiziert. Die Akten dieser 626 aufeinander folgenden Patienten wurden retroektiv durchgesehen, um Patienten zu identifizieren, die mit einer primären Pars-plana Vitrektomie ohne Buckel behandelt wurden. 117 Augen von 116 Patienten erfüllten die Einschlusskriterien für eine primäre Pars-plana Vitrektomie ohne Buckel und wurden zu einer zusätzlichen Kontrolluntersuchung eingeladen (Abb. 1). Von den

116 Patienten stellten sich 52 Patienten (45%) zu dieser Kontrolluntersuchung vor. Durch Briefe an die niedergelassenen Augenärzte konnte für weitere 37 Augen (32%) eine Nachbeobachtung von mehr als 6 Monaten erreicht werden. Damit erfüllten 89 Augen (76%) die geforderte minimale Nachbeobachtungszeit von 6 Monaten und konnten in die Auswertung aufgenommen werden (Abb. 1).

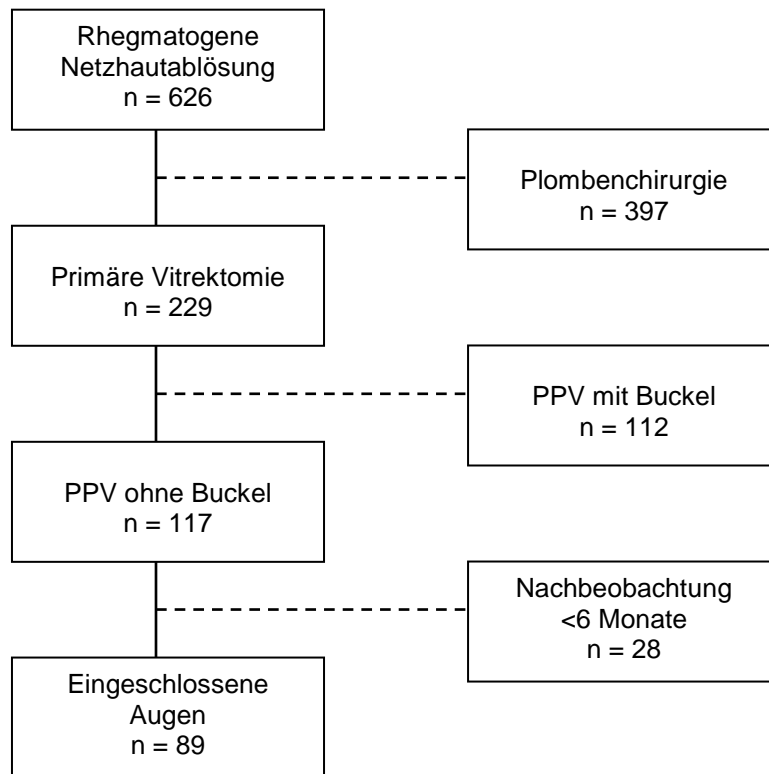


Abb 1: Selektion der Studienaugen aus dem Kollektiv rhegmatogener Netzhautablösungen

2.4 Optische Kohärenztomographie (OCT)

Die optische Kohärenztomographie (OCT) wurde 1997 als diagnostisches Instrument für die Beurteilung von Makulaveränderungen in die klinische Praxis eingeführt. Dieses nichtinvasive Verfahren dient im klinischen Alltag zur Verlaufsbeobachtung von morphologischen Veränderungen der Makula, indem die Netzhautstruktur in diesem Bereich bildlich dargestellt werden kann. Für diese Arbeit stand uns vom 01.03.2005 bis 25.04.2005 das OCT-Gerät der 1. Generation (Carl Zeiss, Model 2000) zur Verfügung. Mit diesem OCT-Gerät konnte eine morphologische Beurteilung der Makula vorgenommen werden. Zu diesem Zweck ist die optische Kohärenztomographie

geeignet, weil die Bildgebung gut mit der Netzhautmorphologie in histologischen Schnitten übereinstimmt (Toth et al. 1997). Ab dem 01.08.2005 konnten wir das OCT3 (Carl Zeiss, Stratus OCT Model 3000) für unsere Kontrolluntersuchungen einsetzen. Dies bedeutete eine deutliche Weiterentwicklung mit besserer Auflösung und erweiterten Auswertungsmöglichkeiten. Dadurch konnte eine zusätzliche quantitative Analyse von Netzhautdicken und Netzhautvolumina erfolgen.

2.4.1 Prinzipien und Technik

Technisch basiert die optische Kohärenztomographie auf dem Prinzip der Michelson-Interferometrie. Hierbei durchläuft eine Lichtwelle einen halbdurchlässigen Spiegel, der in einem Winkel von 45° zum Licht angeordnet ist. Der halbdurchlässige Spiegel wirkt als Strahlenteiler und ein Teil des Lichts wird hier primär zu einem Detektor gelenkt. Zwei weitere Spiegel reflektieren das durchgelassene Licht, so dass auch dieses schließlich auf einem anderen Weg zu dem Detektor gelangt. Befinden sich die beiden reflektierenden Spiegel in exakt gleicher Entfernung zu dem halbdurchlässigen Spiegel, so summieren sich die beiden reflektierten Lichtwellen. Befindet sich ein Spiegel in einem anderen Abstand zum halbdurchlässigen Spiegel, so gelangen zwei elektrische Felder in unterschiedlicher Schwingungsphase zum Detektor und dieser errechnet die Summe dieser beiden elektrischen Felder.

Bei der optischen Kohärenztomographie ersetzt das Patientenaugen den Spiegel, welcher den vom halbdurchlässigen Spiegel unbeeinflussten Lichtstrahl reflektiert. Man verwendet hierzu niedrigkohärentes Infrarotlicht (820 nm), welches gleichermaßen auf die Netzhaut und den reflektierenden Referenzspiegel projiziert wird. Das vom Netzhautgewebe reflektierte Licht ist im Vergleich zum Referenzstrahl verändert und erzeugt auf diese Weise Phaseninterferenz. Diese Phaseninterferenz wird von einer Fotodiode ausgewertet und computergestützt weiterverarbeitet.

Abhängig vom Modus der Scannerfassung kann das Stratus OCT Model 3000 128 bis 768 longitudinale Abtastpunkte, das heißt A-Scans, erfassen. Jeder A-Scan besteht aus 1024 Datenpunkten über eine Tiefe von 2mm. Somit kann die retinale Anatomie mit einer axialen Auflösung von ungefähr $10\text{ }\mu\text{m}$ dargestellt werden. Die Scanzeit pro Schnittbild beträgt etwa 2,5 Sekunden.

2.4.2 Darstellung der Makula mittels OCT

Die Darstellung der Makula mittels optischer Kohärenztomographie basiert auf der unterschiedlichen Reflexivität der Netzhautschichten. Strukturen unterschiedlicher Reflexivität können in Falschfarben oder in Graustufen kodiert werden.

Hochreflektierende Strukturen werden in den helleren Farben weiß und rot dargestellt, während die niedrigreflektierenden Strukturen in den dunkleren Farben blau und schwarz dargestellt werden.

Hochreflektierende Schichten korrespondieren mit horizontal angeordneten Strukturen der Netzhaut, wie der Nervenfaserschicht und den plexiformen Schichten. Im Gegensatz dazu reflektieren die vertikal angeordneten Bestandteile, wie die Körnerschichten und die Schicht der Photorezeptoren weniger Licht. Die Nervenfaserschicht stellt sich als ein hochreflexives Band dar und ist nasal auf Grund des papillomakulären Bündels stärker ausgeprägt. Manchmal kann man die innere plexiforme Schicht und die äußere plexiforme Schicht identifizieren. Diese reflektieren etwas stärker als die beiden Körnerschichten. Die Photorezeptoren reflektieren am schwächsten. Direkt unter der Photorezeptorschicht erkennt man ein 70 µm dickes hochreflektierendes Band, das dem retinalen Pigmentepithel entspricht. Die Fovea ist an ihrer charakteristischen Einsenkung leicht zu erkennen. Hier ist das niedrigreflektierende Band der Photorezeptoren dicker. Daran schließt sich das dünnere hochreflektierende Band der Nervenfaserschicht an.

Zur Darstellung der Makula verwendeten wir aus der Vielzahl der von der OCT-Software angebotenen Scanprotokollen die Protokolle „Line“, „Macular Thickness Map“ and „Fast Macular Thickness Map“. Im Modus Line kann man einen Linienscan mit einer hohen Auflösung durchführen. Man kann diesen Linienscan rotieren und so Aufnahmen in allen 360° Richtungen durchführen. Auch die Scanlänge kann zwischen 3 mm und 10 mm variiert werden. Standardmäßig wählten wir einen horizontalen Scan mit einer Scanlänge von 6 mm. Im Modus „Macular Thickness Map“ werden nacheinander 6 radiale Linienscans mit einer Scanlänge von 6 mm um die Fovea als Mittelpunkt angefertigt. Das nächste Schnittbild unterscheidet sich durch eine Rotation um 30° zum Vorhergehenden. Diese Parameter sind vorgegeben und können nicht verändert werden. Der Modus „Fast Macular Thickness Map“ unterscheidet sich vom Prinzip nicht von dem Modus „Macular Thickness Map“. Auch hier werden 6 radiale Schnittbilder mit einer Länge von 6 mm um die Fovea als Mittelpunkt aufgenommen. Die Rotation zum vorhergehenden Schnittbild beträgt ebenfalls 30°. Der Modus unterscheidet sich lediglich in der Auflösung der Schnittbilder und in der Durchführung. Hier werden sechs Schnittbilder gleichzeitig, aber mit geringerer Auflösung aufgenommen.

2.4.3 Durchführung der Untersuchung

Die Qualität der Untersuchung hängt von klaren brechenden Medien, der Pupillenweite, der Kooperation des Patienten und der Erfahrung des Untersuchers ab. Eine Pupille mit einem Durchmesser von mindestens 3 mm ist Voraussetzung für die Untersuchung mit der optischen Kohärenztomographie. Eine größere Pupillenweite erleichtert die Untersuchung und kann zusätzlich die transversale Auflösung erhöhen. Die Zentrierung des Schnittbildes auf die Fovea wird über das Fokussieren des Patienten auf einen grünen Lichtpunkt im Gerät erreicht. Bei niedriger Sehkraft und einer fehlenden Fokussierung mit dem erkrankten Auge kann über eine externe Lichtquelle die Fokussierung über das Partnerauge erreicht werden. Dem Untersucher werden die Schnittbilder in Echtzeit auf dem Bildschirm angezeigt. Außerdem kann er die Lage der Schnittbilder zur Makula über eine Funduskamera beurteilen. Anhand dieser zwei Kontrollmöglichkeiten kann er die Zentrierung der Schnittbilder auf die Fovea überprüfen. Falls die Zentrierung auf die Fovea nicht erreicht ist, kann er durch Verschieben der Fixationslichtquelle oder Verschieben des Schnittbildes die Lage korrigieren.

2.4.4 Beurteilung und Interpretation der Ergebnisse

Das Ziel der optischen Kohärenztomographie ist es Veränderungen des Netzhautgewebes bezüglich Morphologie, Reflektivität und Netzhautdicke zu entdecken. Die Interpretation erfolgt in mehreren Schritten. Der zuerst durchgeführten morphologischen Analyse folgt die quantitative Analyse. Danach schließen sich Schlussfolgerung und Synthese an. Hier werden alle klinischen Daten zusammengetragen.

Bei der Beurteilung der Morphologie achtet man zuerst auf Verformungen der gesamten Netzhaut. Dies kann bei hoher Myopie mit chorioretinalen Narben oder bei Zysten sowie subretinalen Tumoren vorkommen. Als nächstes sollte man auf Veränderungen der Oberfläche im Profil achten. Ganz besonders wichtig ist hier die Aufhebung der foveolären Depression wie sie bei Netzhautödem oder epiretinaler Gliose vorkommt. Defekte in der Oberflächenstruktur und das Fehlen von Netzhautgewebe sind die typischen Befunde bei Makulaforamina. Vertiefte foveoläre Einsenkungen können durch ein Pseudomakulaforamen verursacht sein. Im letzten Schritt der morphologischen Beurteilung sollte man auf intraretinale Veränderungen achten. Hier ist es wichtig, dass die typische Schichtung durchgängig zu erkennen ist. Als dunkle, wenig reflektierende intraretinale Strukturen können sich zum Beispiel intraretinale Zysten darstellen.

Für die Bestimmung von Netzhautdicken und Netzhautvolumina stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Von einzelnen Schnittbildern kann im Modus „Analyse“ unter der Option „Retinal Thickness (Single Eye)“ von jedem Punkt des Schnittbildes die Netzhautdicke bestimmt werden. Für Schnittbilder, die mit den Protokollen „Macular Thickness Map“ oder „Fast Macular Thickness Map“ aufgenommen wurden, stehen zur Analyse der Netzhautvolumina zum Vergleich von 2 Aufnahmen die Optionen „Retinal Thickness/Volume (OU)“ und „Retinal Thickness/Volume Tabular (OU)“ zur Verfügung. Unter der Option „Retinal Thickness/Volume (OU)“ wird zum einen eine Landkarte der Netzhautdicke und zum anderen wird für verschiedene Bereiche der Makula die durchschnittliche Netzhautdicke angegeben. In der Ausgabe für „Retinal Thickness/Volume Tabular (OU)“ erscheint zusätzlich eine Tabelle mit durchschnittlichen Netzhautdicken und Netzhautvolumina. Für Schnittbilder, die im Modus „Fast Macular Thickness Map“ aufgenommen wurden, steht bei der Auswertung eine Datenbank von einer Normalbevölkerung zur Verfügung und die Daten der durchschnittlichen Netzhautdicken und Netzhautvolumina des Patienten werden auf diese Normalbevölkerung bezogen.

Bei dieser Arbeit wurden aus der Tabelle der OCT-Analyse „Retinal Thickness/Volume Tabular (OU)“ drei Parameter für den Vergleich von Netzhautdicken und Netzhautvolumina der beiden Augen eines Patienten ausgewählt. Diese Parameter waren die minimale Netzhautdicke im Bereich der Fovea centralis in μm , das Foveavolumen in mm^3 für einen Bereich mit einem Radius von 0,5 mm um das Zentrum der Fovea und das Makulavolumen in mm^3 mit einem Radius von 3 mm um das Zentrum der Fovea.

2.5 Methoden

2.5.1 Operationstechnik der Pars-plana Vitrektomie

Die Vitrektomie kann grundsätzlich in Lokalanästhesie oder Allgemeinanästhesie durchgeführt werden. Standardmäßig wurde in der Augenklinik Marburg in Allgemeinanästhesie operiert. Nur wenn der Patient auf Grund seines Allgemeinzustandes nicht narkosefähig war, wurde in Lokalanästhesie operiert. Falls die Vitrektomie mit einer Kataraktoperation kombiniert wurde, so erfolgte die Kataraktoperation vor der Vitrektomie. Wir bevorzugten die Phakoemulsifikation über einen korneoskleralen Tunnel mit anschließender Implantation einer PMMA-Hinterkammerlinse mit großer Optik (Durchmesser 6-7 mm) in den Kapselsack. Zum Schutz des Hornhautendothels wurde Healon verwendet, welches erst am Ende der Vitrektomie aus der Vorderkammer entfernt wurde. Wegen des kombinierten Eingriffs

können intraoperative und postoperative Komplikationen beider Operationen auftreten. Die meisten Studien kommen aber zu der Schlussfolgerung, dass es keine zusätzlichen Komplikationen oder erhöhte Komplikationsraten durch den kombinierten Eingriff gibt (Panozzo und Parolini 2004). Eine Gefahr bei Vorliegen einer Netzhautablösung besteht allerdings in der Fehlkalkulation der Brechkraft der Intraokularlinse, da die koaxiale Bulbuslänge bei Abhebung der Makula nicht exakt zu bestimmen ist.

Die eigentliche Pars-plana Vitrektomie wurde als Standard-3-port Vitrektomie durchgeführt. Zunächst wurde mit einer gebogenen Irisschere eine konjunktivale Inzision über 270° im Abstand von 1-2 mm hinter dem Limbus angelegt. Es wurden Konjunktiva und Tenonkapsel stumpf bis zum Äquator abpräpariert. Blutende episklerale Gefäße wurden koaguliert. Mit einer 2,3 mm Lanzette wurden drei Sklerotomien 3,5 mm hinter dem Limbus angelegt. Bei einfachen Vitrektomien wurde alternativ eine Technik mit selbstschließenden Sklerotomien angelegt. Die flache Lanzette war 1,3 mm breit und dabei wurde unter einem Skleraflap eine selbstschließende schlitzförmige Öffnung präpariert, die passend für Instrumente mit einem Durchmesser von 20 gauge (0,89 mm) ist. Im unteren temporalen Quadranten wurde die Infusionskanüle platziert. Die Infusion wurde wegen der Gefahr der subretinale Unterspülung erst geöffnet, wenn die Spitze der Infusionskanüle sichtbar war. Mit der Infusion balancierter Salzlösung, BSS plus (Alcon), wurde der intraokulare Druck während der Operation Aufrecht erhalten.

Die beiden oberen Zugänge wurden für die Endoillumination beziehungsweise das Glaskörperschneidegerät (Vitrektom) oder für andere Instrumente, wie zum Beispiel Mikroscheren, Pinzetten etc. benutzt. Allen Vitrektomen ist gemeinsam, dass sie eine Saugöffnung mit einem oszillierenden Schneideprinzip besitzen. Mit dem Glaskörperschneidegerät wurde erst der zentrale Glaskörper entfernt. Falls der hintere Glaskörper noch adhärent war, so wurde er aktiv abgehoben. Anschließend erfolgte die Entfernung des Glaskörpers in der Peripherie und an der Glaskörperbasis unter indirekter Beleuchtung und skleraler Eindellung mittels diaphanoskopischem Illuminator (Schmidt et al. 2000). Falls vitreoretinale Traktionen am Lappen von Hufeisenlöchern vorhanden waren, so wurden die peripheren Lappen und damit die Traktion entfernt. Falls epiretinale Membranen im Rahmen einer proliferativen Vitreoretinopathie Stadium C oder im Rahmen eines Macular puckers vorhanden waren, so erfolgte im nächsten Schritt das Entfernen der epiretinalen Membranen.

Nachdem die gesamte Glaskörperbasis intensiv entfernt worden war, wurde die Netzhaut mit Hilfe von flüssigen Perfluorcarbonen wieder angelegt, indem die subretinale Flüssigkeit über die vorhandenen peripheren Netzhautlöcher drainiert

wurde. Flüssige Perfluorcarbone (PFCL) werden als schwere Flüssigkeiten bezeichnet, da sie schwerer als Wasser sind. Ursprünglich wurden sie wegen ihrer großen Sauerstofftransportfähigkeit als Blutersatzmittel entwickelt. Der erste Bericht über den Einsatz am menschlichen Auge stammt aus dem Jahr 1987 (Chang 1987). Ihre Eigenschaften umfassen optische Klarheit, ein hohes spezifisches Gewicht von etwa $1,3\text{--}1,7\text{ kg/m}^3$ und eine geringe Viskosität von 2-3 centistokes. Ihr refraktiver Index beträgt etwa 1,27 und sie vermischen sich nicht mit Wasser. In der Netzhautchirurgie helfen sie vor allem in schwierigen Situation die Netzhaut zu stabilisieren, wie zum Beispiel beim Entfernen von Membranen im Rahmen einer proliferativen Vitreoretinopathie (Chang et al. 1988) oder bei Rissen (Le Mer und Kroll 1991). Da sie optisch klar sind, kann eine Endolaserkoagulation in einem mit flüssigem Perfluorcarbon gefüllten Auge durchgeführt werden. Komplikation beim intraoperativen Gebrauch umfassen subretinale Migration in 0,9% und Retention kleiner Tropfen in 1-3% der Fälle (Bourke et al. 1996). Komplikationen die einen Einsatz zur langfristigen Tamponade als Ersatz des Glaskörpers verhindern sind Dispersion, chemische Toxizität und mechanische Toxizität (Chang et al. 1987).

Unter flüssigem Perfluorcarbon wurden im nächsten Schritt mit Endolaserkoagulation und/oder Exokryoretinopexie chorioretinale Adhäsionen um die Netzhautlöcher induziert. Das flüssige Perfluorcarbon wird anschließend über einen Flüssigkeits-Luftaustausch abgesaugt. Bis sich die chorioretinalen Narben ausgebildet haben, dauert es etwa 7-10 Tage (Lincoff et al. 1970). Um ein sofortiges Wiederablösung der Netzhaut zu verhindern, muss eine Endotamponade erfolgen. Standardmäßig erfolgte der Luft-Gasaustausch mit 25%igem Sulfurhexafluorid (SF_6), das heißt 25% SF_6 und 75% Raumluft. Insbesondere bei inferioren Netzhautablösungen ist eine längere Tamponade erwünscht und es wurde Hexafluorethan (C_2F_6) in 15%iger Konzentration benutzt. Die expandierenden Gase lösen sich in Wasser und damit auch im Blut schlechter als Stickstoff. Vorher diffundiert Stickstoff aus dem Blut in die Gasblase des Augapfels. Dies ist bei einer Narkose mit Inhalationsanästhetika wie Lachgas zu berücksichtigen. Bei schweren Netzhautpathologien wie PVR-Reaktion wurde Silikonöl zur Endotamponade gewählt. Am Ende der Operation wurden die Sklerotomien mit 7/0 PDS-Fäden übernäht. Bei selbstschließenden Sklerotomien konnte in 90% der Fälle auf eine Naht verzichtet werden. Anschließend erfolgte der Verschluss der Bindehaut und ein Augenverband wurde angelegt.

2.5.2 Präoperative Befunde

Aus den Akten wurden das Datum der Operation, das Geburtsdatum und das Geschlecht des Patienten erfasst.

Aus dem Aufnahmebefund wurden das betroffene Auge, die Dauer und die Art der Symptome sowie die bestkorrigierte Sehschärfe zum Zeitpunkt der Aufnahme erhoben. Diese Sehschärfe wurde in Visusstufen transformiert (Tabelle 1). Sehschärfeangaben mit einem nachgestellten p, zum Beispiel 0,5p wurden der nächst niedrigeren Sehschärfe (in diesem Fall 0,4) zugeordnet. P steht in diesen Fällen für partiell und bedeutet zögerliches Erkennen der Sehzeichen. Weiterhin wurde der Linsenstatus bei Aufnahme erhoben. Falls das genaue Datum für die Kataraktoperation nicht bekannt war, wurde zur Berechnung des Intervalls zwischen Kataraktoperation und Netzhautablösung der 15. Juni des betreffenden Jahres, beziehungsweise der 15. Tag des betreffenden Monats als Datum der Kataraktoperation angenommen. Das Gleiche gilt für die Nd:YAG-Kapsulotomie. Aus den Aufzeichnungen über die Anamnese wurden ophthalmologische Vorerkrankungen, okuläre Traumata und bisherige okuläre Operationen aufgenommen.

Die Befunde der Netzhautablösung wurden aus Aufnahmebefund, Funduszeichnung und Operationsbericht zusammengetragen. Das Gleiche gilt für die hintere Glaskörperabhebung, die Stärke der Glaskörperblutung und das Stadium der proliferativen Vitreoretinopathie zum Zeitpunkt der Aufnahme.

Die Stärke der Glaskörperblutung wurde in die Kategorien schwach, mäßig und stark unterteilt. Unter einer schwachen Glaskörperblutung verstanden wir vereinzelte Erythrozyten im Glaskörper, die den Einblick auf den Fundus nicht beeinträchtigten. Bei einer mäßigen Glaskörperblutung konnte der Fundus schemenhaft eingesehen werden. Unter einer starken Glaskörperblutung verstanden wir einen vollgebluteten Glaskörperraum, der eine ophthalmoskopische Beurteilung des Fundus unmöglich machte.

Die proliferative Vitreoretinopathie wurde nach der Klassifikation der Retina Society von 1991 in 3 Stadien eingeteilt (Machemer et al. 1991). Die genauere Unterscheidung in eine anteriore (A) und posteriore (P) Form und die Unterteilung des Stadiums C in 5 Untertypen konnte auf Grund der Aufzeichnungen nicht erfolgen.

2.5.3 Intraoperative Befunde

Als intraoperative Befunde wurden aus den Operationsberichten die intraoperativen Komplikationen, der Name des Operateurs, die Art der Endotamponade, die Art der Retinopexie und die Art des Anästhesieverfahrens erhoben. Weiterhin wurde

dokumentiert, ob die primäre Pars-plana Vitrektomie mit einer Kataraktoperation in gleicher Sitzung kombiniert wurde.

2.5.4 Kontrolluntersuchung

52 Patienten nahmen an einer zusätzlichen Kontrolluntersuchung teil. In diesem Kapitel wird das Vorgehen bei der Kontrolluntersuchung beschrieben.

2.5.4.1 Anamnese

Eine ausführliche Anamnese zur bisherigen ophthalmologischen Krankengeschichte, aktueller ophthalmologischer Therapie und aktuellen Beschwerden, beziehungsweise Symptomen wurde erhoben. Außerdem wurden Komplikationen die im postoperativen Verlauf aufgetreten waren und Komplikationen, die zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung vorhanden waren, erfragt.

2.5.4.2 Bestkorrigierte Sehschärfe

Die bestkorrigierte Sehschärfe wurde an einem Visus-Projektor bestimmt (Rodenstock Rodavist, München, Deutschland) und in Visusstufen transformiert (Tabelle 1).

Eine Skalierung der Sehschärfe in Visusstufen war notwendig, weil die Abstufung zwischen den einzelnen Sehschärfen nur dann der Empfindungsstärke entspricht, wenn die nächst höhere Visusstufe durch Multiplikation mit einem konstanten Faktor entsteht (Bach und Kommerell 1998). $\sqrt[10]{10}$ (1,25893...) ist der Faktor, mit dem man unabhängig vom Ausgangsniveau der Sehschärfe näherungsweise gleiche Steigungen für die Erkennungsrate erzielt. Damit ist das Verhältnis zweier aufeinander folgender Sehschärfen konstant. Tabelle 1 zeigt die Skalierung der Visusstufen, wie sie zur Beurteilung der Sehschärfe in dieser Arbeit verwendet wurde. Grundlage bildet die von Hartmann vorgeschlagene Visusstufenskalierung (Hartmann 1987), welche durch low-Visusstufen ergänzt wurde. Als Sehzeichen wurden Ziffern verwendet. Ziffern haben den Vorteil, dass sie spontan gelesen werden und eine Seitenverwechslung, wie bei Snellenhaken oder Landoltringen nicht möglich ist.

Die Erkennungsrate für die Sehzeichen in Abhängigkeit von ihrer Größe ist eine psychometrische Funktion und lässt sich in Form einer Kurve graphisch darstellen. Diese Kurve hat einen Wendepunkt und an diesem Wendepunkt hat die Kurve ihre größte Steigung. Deshalb drücken sich Änderungen der Trefferrate am Wendepunkt in besonders kleinen Änderungen der abgelesenen Sehschärfe aus. Die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Sehschärfe erreichen am Wendepunkt ihr Optimum. Man definiert daher die Schwelle über den Wendepunkt. Der Wendepunkt liegt in der Mitte

2 Patienten und Methoden

zwischen der 100% und 11,1% Erkennungsrate, also bei einer Trefferrate von 55,55%. Die nach dieser Vorgehensweise bestimmte Sehschärfe entspricht deshalb der Größe der Ziffern die nur in 60% der Abfragen richtig benannt werden und immerhin in 40% der Fälle falsch.

Da an unseren Projektoren nur 4 Sehzeichen pro Visusstufe zur Verfügung standen, definierten wir das Abbruchkriterium bei mehr als einem Fehler, das heißt bei 50%. Die Sehschärfebestimmung wurde also so lange fortgeführt, wie noch drei von vier Sehzeichen richtig benannt werden konnten. Bei zwei oder mehr Fehlern wurde die vorhergehende Stufe als die erreichte Visusstufe notiert.

Tabelle 1: Skalierung der Visusstufen

Visusstufe	Sehschärfe	Sehwinkel für kritisches Detail
0	nulla lux oder 0,01	100'
1	Lichtschein oder 0,0125	80'
2	Handbewegungen oder 0,016	62,5'
3	Fingerzählen oder 0,02	50'
4	1/50 oder 0,025	40'
5	1/35 oder 0,032	31,25'
6	1/25 oder 0,04	25'
7	0,05	20'
8	0,063	16'
9	0,08	12,5'
10	0,1	10'
11	0,125	8'
12	0,16	6,3'
13	0,2	5'
14	0,25	4'
15	0,32	3,2'
16	0,4	2,5'
17	0,5	2'
18	0,63	1,6'
19	0,8	1,25'
20	1,0	1'
21	1,25	0,8'
22	1,6	0,63'
23	2,0	0,5'

2.5.4.3 Untersuchung der vorderen Augenabschnitte

Der vordere Augenabschnitt wurde mit der Spaltlampe untersucht (Haag Streit, Schweiz). Dabei wurde ganz besonders auf eine ausführliche Dokumentation der Linsenbeschaffenheit beider Augen geachtet. Zusätzlich wurde für beide Augen der Augeninnendruck mittels Applanationstonometrie nach Goldmann bestimmt. Zur Bestimmung des Augeninnendrucks wurden Thilorbin®-Augentropfen (Conjuncain und Fluorescein) verwendet. Falls eine bei Allergie gegen Konservierungsmittel vorlag, wurde Conjuncain EDO mit Fluorescein (Haag Streit, Schweiz) kombiniert.

2.5.4.4 Untersuchung der hinteren Augenabschnitte

Die Pupillenerweiterung zur Untersuchung des hinteren Augenabschnitts wurde standardmäßig mit Tropicamid 0,5% und Phenylephrin 10% durchgeführt. Bei Konservierungsmittelallergie wurde Cyclopentolat 1% ohne Konservierungsmittel verwendet. Der zentrale Fundus wurde mit der Spaltlampenbiomikroskopie und einer +78 dpt. Konvexlinse (Volk Optical Inc, Mentor, OH) untersucht. Die Netzhautperipherie wurde mit einem binokularen indirekten Ophthalmoskop und einer +28 dpt Konvexlinse (Volk Optical Inc, Mentor, OH) beurteilt. Bei allen Patienten wurde zur Dokumentation ein Fundusfoto vom operierten Auge mit einer Funduskamera (Carl Zeiss FF 450 plus IR) angefertigt. Die ultrastrukturelle Untersuchung der Makula mit der optischen Kohärenztomographie umfasste beim OCT1 (Carl Zeiss Model 2000) ein horizontales, 5 mm breites Schnittbild durch das Zentrum der Makula. Beim OCT3 (Carl Zeiss, Stratus OCT Model 3000) wurden standardmäßig 6 mm breite Schnittbilder der Makula im Modus „Fast Macular Thickness Map“ und „Macular Thickness Map“ aufgenommen. Vereinzelt wurden zusätzlich 6 mm breite Schnittbilder durch das Zentrum der Makula im Modus „Line“ aufgenommen.

2.5.4.5 Informationen von niedergelassenen Augenärzten

Es war nicht allen Patienten möglich, sich zu einer Kontrolluntersuchung in der Universitätsaugenklinik Marburg vorzustellen. Um auch von diesen Patienten weitere Informationen bezüglich des postoperativen Verlaufs der Sehschärfe beider Augen, des postoperativen Verlaufs des Linsenstatus zu bekommen und um Informationen über mögliche Reoperationen und postoperative Komplikationen während der Nachbeobachtung zu erhalten, versendeten wir folgenden Fragebogen an die behandelnden niedergelassenen Augenärzte:

Diagnose/OP:

1. Visus

A) Letzter Präoperativer Visus

Datum: RA LA

B) Postoperative Visuswerte

Datum: RA LA

Datum: RA LA

Datum: RA LA

Datum: RA LA

Datum: RA LA

Datum: RA LA

Datum: RA LA

Datum: RA LA

2. Linsenstatus

Falls Cat – OP, Datum RA LA

Welche Linse wurde implantiert? RA LA

Ist die hintere Kapsel intakt? RA LA

Falls YAG, Datum RA LA

3. A) Anzahl der Operationen =

B) Welche **Reoperationen** (Buckel oder PPV + ?) wurden bei welcher Indikation und wann durchgeführt?

4. Postoperative Komplikationen

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Cataracta complicata | <input type="checkbox"/> HH-Dekompensation |
| <input type="checkbox"/> PVR | <input type="checkbox"/> Endophthalmitis |
| <input type="checkbox"/> Hypotension | <input type="checkbox"/> Glaskörperblutung |
| <input type="checkbox"/> Sekundärglaukom | <input type="checkbox"/> Re-Ablatio |
| <input type="checkbox"/> Sonstige: | |

2.6 Statistik

Alle statistischen Berechnungen wurden mit SPSS (statistical package for social science) für Windows Version 12.0 durchgeführt. Die Dateneingabe erfolgte in Microsoft Excel. Diese Excel-Datenbank wurde dann in SPSS importiert.

Deskriptive Statistiken wurden für normalverteilte Variablen als Mittelwert und Standardabweichung angegeben und als Median mit Minimum und Maximum für nicht normalverteilte Variablen. Für die Berechnung der mittleren Sehschärfe wurden die Visuswerte in Visusstufen transformiert (Tabelle 1) und die Ergebnisse wurden wieder in Visuswerte zurückverwandelt.

Die Mittelwerte von zwei Gruppen für normalverteilte Variablen wurden mit dem t-Test verglichen. Variablen, die keiner Normalverteilung folgten, wurden für unverbundene Stichproben mit dem nicht-parametrischen Mann-Whitney U Test oder bei verbundenen Stichproben mit dem nicht-parametrischen Wilcoxon-Test verglichen. Bei allen Prüfungen auf statistische Signifikanz wurde zweiseitig getestet. Die Irrtumswahrscheinlichkeit alpha wurde mit 5% vorgegeben, das heißt ein $p < 0,05$ wurde als statistisch signifikant angesehen.

3 Ergebnisse

3.1 Behandlung von Patienten mit rhegmatogener Netzhautablösung

Im Beobachtungszeitraum vom 01.01.2000 bis zum 31.12.2004 wurden an der Universitäts-Augenklinik in Marburg 626 primäre operative Eingriffe bei rhegmatogener Netzhautablösung vorgenommen. An 397 Augen (63,3%) erfolgte eine episklerale Plombenoperation, wovon 372 Augen (93,7%) eine segmentale Plombe und 25 Augen (6,3%) eine Cerclage erhielten. Eine primäre Pars-plana Vitrektomie stellte bei 229 Augen (36,7%) das primäre Operationsverfahren dar. Diese Vitrektomien wurden bei 112 Augen (48,9%) mit eindellender Chirurgie kombiniert und bei 117 Augen (51,1%) wurde die Vitrektomie ohne zusätzliches eindellendes Verfahren durchgeführt (Abb. 2).

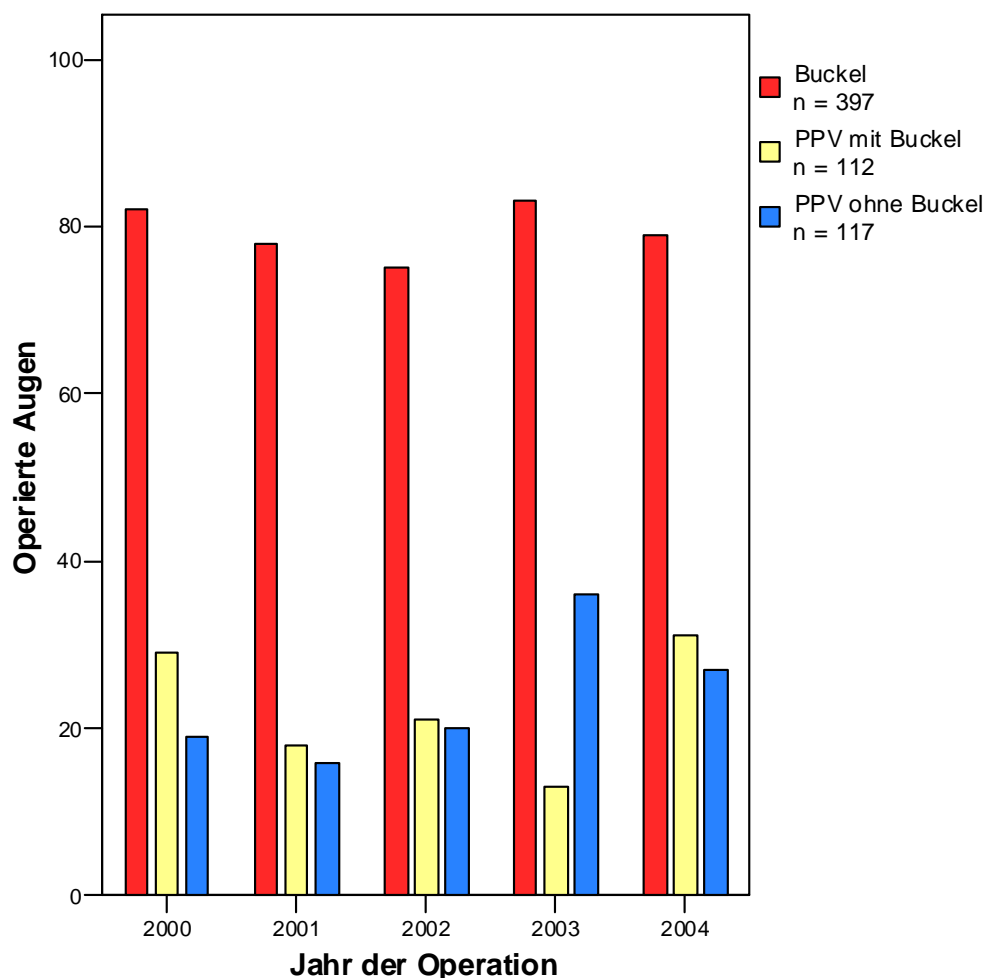


Abb. 2: Relation der operativen Verfahren im Beobachtungszeitraum

Bei der Geschlechtsverteilung fand sich, dass mit 387 Augen (61,8%) mehr Männer als Frauen von einer rhegmatogenen Netzhautablösung betroffen waren. Diese Verteilung

fand sich auch in ähnlichem Verhältnis in den einzelnen Untergruppen der unterschiedlichen Operationsverfahren (Tabelle 2). Von den 117 Patienten, die mit primärer Pars-plana Vitrektomie ohne eindellende Chirurgie versorgt wurden, waren 77 Patienten (65,8%) männlich und 40 Patienten (34,2%) weiblich.

Der Altersdurchschnitt aller 626 Patienten mit rhegmatogener Netzhautablösung lag bei 59,2 (+/- 14,9) Jahren. Die Patienten aus dem Patientenkollektiv primäre Pars-plana Vitrektomie ohne eindellende Chirurgie waren zum Operationszeitpunkt 64,4 Jahre (+/- 12,6) alt. Die Patienten mit Vitrektomie waren im Durchschnitt älter als die Patienten mit eindellenden Operationen. In der Vitrektomiegruppe waren die Frauen älter als die Männer ($p < 0,05$) (Tabelle 2).

Von den 626 Augen wurden 320 rechte Augen (51,1%) und 306 linke Augen (48,9%) operiert. In allen Untergruppen waren rechte und linke Augen in etwa gleich verteilt.

Tabelle 2: Demographische Daten

	Gesamt	PPV ohne Buckel	PPV mit Buckel	Plombe	Cerclage
Männer (n)	387	77 (19,9%)	68 (17,6%)	226 (58,4%)	16 (4,1%)
Frauen (n)	239	40 (16,7%)	44 (18,4%)	146 (61,1%)	9 (3,8%)
Alter (Jahre)	59,2 ($\pm 14,9$)	64,4 ($\pm 12,6$)	61,0 ($\pm 16,4$)	57,2 ($\pm 14,6$)	58,3 ($\pm 16,7$)
Männer	58,7 ($\pm 14,4$)	62,7 ($\pm 12,9$)	57,4 ($\pm 17,3$)	57,6 ($\pm 13,8$)	60,0 ($\pm 12,4$)
Frauen	60,2 ($\pm 15,8$)	67,8 ($\pm 11,4$)	66,5 ($\pm 13,4$)	56,4 ($\pm 15,7$)	55,5 ($\pm 23,1$)

3.2 Beschreibung des untersuchten Patientenkollektivs

Im Beobachtungszeitraum wurden 117 Augen mit primärer Pars-plana Vitrektomie ohne eindellende Chirurgie bei rhegmatogener Netzhautablösung operiert. Davon konnten 89 Augen (76,1%) länger als 6 Monate nachbeobachtet werden. Der Nachbeobachtungszeitraum betrug median 25,7 Monate und lag zwischen 6,3 und 60,3 Monaten. Postoperativ wurden 52 Augen (58,4%) im Rahmen einer zusätzlichen Kontrolluntersuchung nachuntersucht. Zu weiteren 37 Augen (41,6%) konnten Informationen bezüglich des postoperativen Verlaufs von niedergelassenen Augenärzten eingeholt werden.

Zum Operationszeitpunkt war das in dieser Arbeit beschriebene Patientenkollektiv 62,8 Jahre ($\pm 12,0$) alt. Das Alter lag zwischen 31,0 und 84,4 Jahren. Die männlichen Patienten waren 61,2 Jahre ($\pm 12,2$) alt und die weiblichen Patienten waren mit 66,0 Jahren ($\pm 11,0$) um 4,8 Jahre älter ($p = 0,045$).

Die Verteilung bezüglich der Geschlechter zeigte, dass 58 Männer (65,2%) und 31 Frauen (34,8%) in unserem Patientenkollektiv vertreten waren.

Von den 89 primär vitrektomierten Augen waren 47 rechte Augen (52,8%) und 42 linke Augen (47,2%) von einer Netzhautablösung betroffen.

An ophthalmologischen Vorerkrankung war bei 6 von 89 Augen (6,7%) ein chronisches primäres Offenwinkelglaukom, sowie bei einem Auge (1,1%) ein

Pseudoexfoliationsglaukom bekannt. Bei 7 Augen (7,9%) war aus den Befunden eine prophylaktische Laserkoagulations- oder Kryokoagulationsbehandlung der Netzhaut ersichtlich. Diese prophylaktischen Behandlungen wurden aufgrund von Netzhautdegenerationen, Netzhautlöchern oder nach komplizierter Kataraktoperation durchgeführt. Die Koagulationsbehandlung lag median 16 Tage zurück. Bei 4 dieser 5 Augen trat die Netzhautablösung innerhalb von 23 Tagen nach dieser Behandlung auf. Die Koagulationsbehandlung des anderen Auges lag 7,7 Jahre zurück. Bei einem Auge war das Datum der Koagulationsbehandlung unbekannt.

Bei der Beschreibung der Myopie wurde zwischen einer refraktiven Myopie und einer Achsenmyopie unterschieden. Die Achsenmyopie wurde in dieser Arbeit über eine Bulbuslänge von $\geq 25,5$ mm definiert. Die Achsenlänge wurde bei 74 von 89 Augen (83,1%) bestimmt. 19 von 74 Augen (25,7%) hatten eine Achsenmyopie. Angaben zur refraktiven Myopie waren aufgrund der Art der Datenerhebung nicht möglich.

Sieben von 89 Patienten (7,9%) hatten in der Vorgeschichte an dem Auge mit rhegmatogener Netzhautablösung ein Trauma. Bei 5 Augen (5,6%) handelte es sich um ein stumpfes Trauma und 2 Augen (2,2%) hatten eine perforierende Verletzung.

3.3 Präoperative Befunde

Eine symptomatische Netzhautablösung hatten 87 Augen (97,8%). Bei zwei Augen (2,2%) lag eine asymptomatische Netzhautablösung vor und die Diagnose wurde im Rahmen einer routinemäßigen ophthalmologischen Kontrolluntersuchung gestellt. Zu den Symptomen zählten Lichtblitze, Rußregen, Gesichtsfelddefekte und Verlust der zentralen Sehschärfe. 46 Patienten (51,7%) stellten sich innerhalb der ersten Woche seit Auftreten der Symptome zur Behandlung in der Universitäts-Augenklinik Marburg vor. Bei 16 Augen (18,0%) bestanden die Symptome länger als einen Monat. Die längste Symptombdauer wurde von einem Patienten (1,1%) mit sechs Monaten angegeben. In einer Akte (1,1%) konnten keine Angaben über die Dauer der Symptome gefunden werden.

42 von 89 Augen (47,2%) hatten ein einziges Netzhautloch, welches die rhegmatogene Netzhautablösung verursachte. Bei 21 Augen (23,6%) waren 2 Netzhautlöcher

3 Ergebnisse

entstanden. Mehr als zwei Löcher wurden bei 26 Augen (29,2%) gefunden (Abb. 3). Maximal fanden sich acht Netzhautlöcher, was bei einem Auge (1,1%) vorkam.

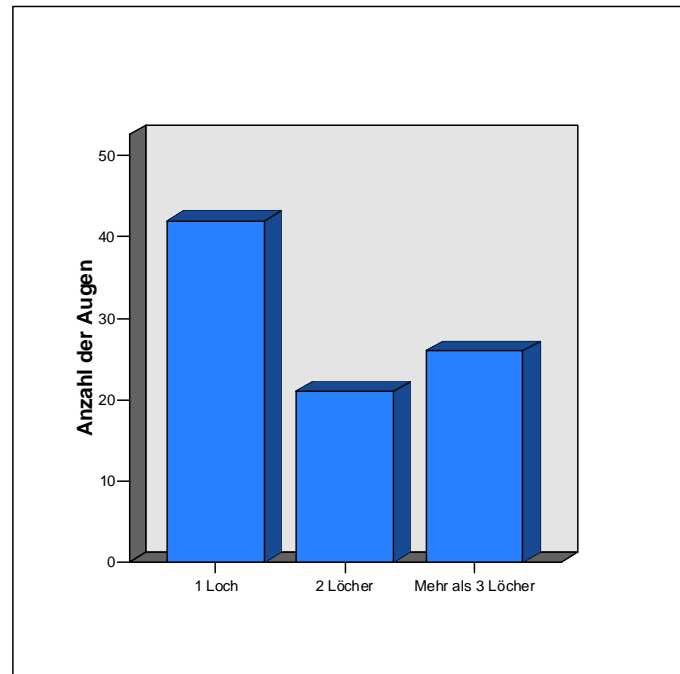


Abb. 3: Anzahl der Netzhautlöcher

Insgesamt wurden bei 89 Augen 190 Netzhautlöcher beschrieben. Mit 105 von 190 (55,3%) waren mehr als die Hälfte aller Netzhautlöcher im temporalen oberen Quadranten lokalisiert. Nur 5 Netzhautlöcher (2,6%) fanden sich im nasal unteren Quadranten. Von den restlichen Netzhautlöchern verteilten sich 60 (31,6%) auf den nasal oberen Quadranten und 20 (10,5%) auf den temporal unteren Quadranten. 108 von 190 Netzhautlöchern (56,8%) waren Hufeisenforamina. Weiterhin fanden sich 61 Rundlöcher (32,1%), 16 Risse (8,4%) und 5 Riesenrisse (2,6%). Somit waren 5 von 89 Augen (5,6%) von einem Riesenriss betroffen, der sich definitionsgemäß über mehr als 90° der Zirkumferenz erstreckt.

Die Netzhaut war bei den 89 Augen im Durchschnitt über 5,7 Uhrzeiten ($\pm 2,2$) abgelöst. Die geringste Netzhautablösung erstreckte sich über 2 Uhrzeiten, was bei 2 von 88 Augen (2,3%) vorkam. Das Ausmaß der Netzhautablösung beschränkte sich bei 11 Augen (12,5%) auf einen Quadranten. 54 Augen (61,4%), hatten eine Netzhautablösung zwischen 4 und 6 Uhrzeiten. Über mehr als die halbe Zirkumferenz war die Netzhaut bei 23 Augen (26,1%) abgelöst, davon hatten 16 Augen (18,2%) eine Netzhautablösung in 3 Quadranten und bei 7 Augen (8,0%) waren alle 4 Quadranten

von der Netzhautablösung betroffen. Bei 5 Augen (5,7%) lag eine vollständige Netzhautablösung vor.

Da sich die meisten Netzhautablösungen über mehr als einen Quadranten erstreckten, waren meist mehrere Quadranten gleichzeitig von der Netzhautablösung betroffen. Bei 76 von 88 Augen (86,4%) war der obere temporale Quadrant der am häufigsten involvierte Quadrant. 58 Augen (65,9%) hatten eine Netzhautablösung im nasal oberen Quadranten und 53 Augen (60,2%) im temporal unteren Quadranten. Bei 33 Augen (37,5%) war die Netzhaut im nasal unteren Quadranten abgelöst.

Eine Netzhautablösung mit Makulabeteiligung lag bei 48 von 89 Augen (53,9%) vor (Tabelle 2). Bei 41 Augen (46,1%) war die Makula anliegend. Anamnestisch bestand der Verlust der zentralen Sehschärfe bei 25 von 48 Augen (52,1%) 3 Tage oder weniger.

Eine komplette hintere Glaskörperabhebung wurde bei 27 von 89 Augen (30,3%) dokumentiert und 5 Augen (5,6%) hatten eine partielle hintere Glaskörperabhebung. Eine Glaskörperblutung lag bei 29 Augen (32,6%) vor (Tabelle 2). Bei 6 Augen (20,7%) war die Glaskörperblutung stark, 10 Augen (34,5%) hatten eine mäßige Glaskörperblutung und bei 13 Augen (44,8%) lag eine schwache Glaskörperblutung vor.

Präoperativ hatten 51 von 89 Patienten (57,3%) keine proliferative Vitreoretinopathie. Bei 7 Augen (7,9%) lag eine PVR Stadium A vor, weitere 13 Augen (14,6%) wurden als PVR Stadium B klassifiziert und die restlichen 18 Augen (20,2%) wiesen eine PVR Stadium C auf.

Zum Zeitpunkt der Aufnahme wurde eine epiretinale Gliose der Makula bei 4 Augen (4,5%) beschrieben.

Vor der primären Pars-plana Vitrektomie waren 39 Augen phak (43,8%), 47 Augen pseudophak (52,8%) und 3 Augen aphak (3,4%) (Tabelle 2). Damit lag bei 47 Augen (52,8%) eine Pseudophakieablatio vor. Die hintere Kapsel war bei 18 von 47 pseudophaken Augen (38,3%) intakt. 29 pseudophake Augen (61,7%) hatten einen hinteren Kapseldefekt oder keinen Kapselsack mehr. Die Ursache für den hinteren Kapseldefekt war bei 20 von 29 Augen (69,0%) eine YAG-Kapsulotomie. 6 von 29 (20,7%) pseudophaken Augen mit einem hinterem Kapseldefekt hatten vor der Netzhautablösung eine Kataraktoperation mit einer hinteren Kapselruptur. Bei einem von 29 Augen (3,4%) wurde die Linse intrakapsulär entfernt und sekundär eine sulkusfixierte Linse implantiert. 2 von 29 Augen (6,9%) hatten keine dokumentierte Ursache für den hinteren Kapseldefekt.

Tabelle 2: Präoperative Merkmale (n = 89)

Variablen	
Studienaugen	89
Geschlecht	
Männlich/Weiblich	58/31
Patientenalter (Jahre)	
Mittelwert und Standardabweichung	62,8 ± 12,0
Minimum/Maximum	31,0/84,4
Makula	
Anliegend	41 (46,1%)
Abgelöst	48 (53,9%)
Proliferative Vitreoretinopathie	
PVR A	7 (7,9%)
PVR B	13 (15,7%)
PVR C	18 (20,2%)
Gesamt	38 (42,6%)
Glaskörperblutung	
Schwach	13 (14,6%)
Mäßig	10 (11,2%)
Stark	6 (6,7%)
Gesamt	29 (32,6%)
Präoperativer Linsenstatus	
Phak	39 (43,8%)
Pseudophak	47 (52,8%)
Aphak	3 (3,4%)
Ausmaß der Netzhautablösung	
1 Quadrant	11 (12,5%)
2 Quadranten	54 (61,4%)
3 Quadranten	16 (18,2%)
4 Quadranten	7 (7,9%)
Vollständig	5 (5,7%)

3.4 Intraoperative Befunde

86 von 89 Operationen (96,6%) wurden in Intubationsnarkose durchgeführt. Weil bei 3 Patienten (3,4%) keine Narkosefähigkeit gegeben war, wurden diese Augen in Lokalanästhesie operiert.

Alle 89 Operationen wurden von 4 verschiedenen Operateuren durchgeführt. PD Dr. Schmidt operierte 60 Augen (67,4%), Prof. Kroll 9 Augen (10,1%), PD Dr. Hesse 11 Augen (12,4%) und PD Dr. Sekundo 9 Augen (10,1%).

Bei 22 von 89 Augen (24,7%) wurden weitere Operationsschritte durchgeführt, die nicht zur Behandlung der Netzhautablösung notwendig waren. Eine epiretinale Membran der Makula wurde während 4 Operationen (4,5%) entfernt. 18 Augen

3 Ergebnisse

(20,2%) erhielten eine primäre Pars-plana Vitrektomie kombiniert mit einer Kataraktoperation. Bei 17 dieser Augen wurde eine Phakoemulsifikation mit Implantation einer Hinterkammerlinse durchgeführt und bei einem phaken Auge wurde die Linse entfernt, ohne eine Kunstlinse zu implantieren.

Tabelle 3: Intraoperative Befunde

Variable	Anzahl
Operateur	
Schmidt	60 (67,4%)
Kroll	9 (10,1%)
Hesse	11 (12,4%)
Sekundo	9 (10,1%)
PPV bei phaken Augen mit Kataraktoperation kombiniert	
Nein	21 (53,8%)
Phakoemulsifikation	17 (43,6%)
Lentektomie	1 (2,6%)
Endotamponade	
SF ₆	56 (62,9%)
C ₂ F ₆	15 (16,9%)
Silikonöl	8 (9,0%)
Luft	10 (11,2%)
Dokumentierte intraoperative Komplikationen	
Iatrogene Löcher	5 (5,6%)
Netzhautinkarzeration	4 (4,5%)
PFC-Blase unter der Netzhaut	1 (1,1%)
Abrasio (Hornhautepithel)	1 (1,1%)

Zur Endotamponade wurden mit Luft, Sulfurhexafluorid (SF₆), Hexafluorethan (C₂F₆) und Silikonöl 4 unterschiedliche Substanzen verwendet. Bei 10 Augen (11,2%) wurde der Glaskörperraum mit Luft gefüllt. Von den anderen beiden gasförmigen Tamponaden kam Sulfurhexafluorid bei 56 Augen (62,9%) und Hexafluorethan bei 15 Augen (16,9%) zum Einsatz. Silikonöl wurde bei 8 Augen (9,0%) als Substanz zur Tamponade gewählt.

Eine Retinopexie kann durch externe Kryokoagulation oder Endolaserkoagulation induziert werden. Bei 53 Operationen (59,6%) wurde sowohl eine Kryokoagulation als auch eine Endolaserkoagulation angewendet. 26 Augen (29,2%) erhielten ausschließlich eine Kryokoagulation und 6 Augen (6,7%) erhielten ausschließlich eine Laserkoagulation. In 4 Operationsberichten (4,5%) fanden sich keine Angaben bezüglich der durchgeführten Retinopexie.

Intraoperative Komplikationen zeigten sich bei 9 von 89 Augen (10,1%). Bei 5 Operationen (5,6%) waren iatrogene Netzhautlöcher dokumentiert. Zu einer

Netzhautinkarzeration in die Sklerotomien kam es bei 4 Augen (4,5%). Um die intraoperative Sicht zu verbessern musste bei einem Patienten (1,1%) eine Abrasio des Hornhautepithels vorgenommen werden. Bei einem Patienten (1,1%) gelangte eine Perfluorcarbonblase unter die Netzhaut und wurde dort mit einem Laserriegel umstellt.

3.5 Endpunkte

Die wichtigsten Endpunkte umfassten die erfolgreiche Netzhautanlage und die Sehschärfe. Diese Endpunkte wurden median nach 25,7 Monate nach der Operation erfasst. Die kürzeste Nachbeobachtungszeit betrug 6,3 Monate, die längste 60,3 Monate.

3.5.1 Dauerhafte Netzhautanlage

Bei 77 von 89 Patienten (86,5%) konnte eine dauerhafte Netzhautanlage durch die primäre Pars-plana Vitrektomie ohne Buckel erreicht werden. 12 Augen (13,5%) erlitten eine erneute Netzhautablösung (Tabelle 4 und Tabelle 7). Neue und alte Netzhautlöcher waren die Ursache der erneuten Netzhautablösung bei 8 von 12 Augen (66,7%). 3 Augen (25,0%) erlitten eine erneute Netzhautablösung durch eine proliferative Vitreoretinopathie und bei einem Auge (8,3%) lag eine umschriebene traktive Netzhautablösung durch eine Glaskörperanheftungsstelle vor (Tabelle 4). Die erneute Netzhautablösung trat bei den 12 Augen im Median 1,1 Monate nach der primären Operation auf. Das kürzeste Intervall bis zur erneuten Netzhautablösung betrug 14 Tage und das längste Intervall 3,8 Monate.

Zur Behandlung der erneuten Netzhautablösung erfolgte bei 5 Augen eine Vitrektomie mit Silikonölendotamponade und Cerclage, bei 2 Augen eine Vitrektomie mit Gastamponade und Cerclage, bei einem Auge eine Vitrektomie mit Silikonölablassung, Gastamponade und Cerclage, bei einem Auge eine Vitrektomie mit Silikonöl ohne Cerclage, bei einem Auge eine Cerclage, bei einem Auge eine segmentale Plombe und bei einem Auge eine Argonlaserkoagulation zur Abriegelung der umschriebenen traktiven Netzhautablösung (Tabelle 4). Die zweite Operation wurde bei 11 Augen von Prof. Schmidt durchgeführt, bei einem Auge von Prof. Kroll und die Argonlaserkoagulation wurde vom niedergelassenen Augenarzt durchgeführt. Bei 11 von 12 Augen (91,7%) war nach der ersten Revisionsoperation keine weitere Netzhautoperation notwendig. Damit konnte bei 88 von 89 Augen (98,9%) eine Netzhautanlage nach zwei Operationen erreicht werden. Lediglich bei einem von 89 Augen (1,1%) konnte wegen schwerer proliferativer Vitreoretinopathie auch mit der

3 Ergebnisse

zweiten Netzhautoperation keine dauerhafte Netzhautanlage erreicht werden (Tabelle 4). Bis zum Ende der Nachbeobachtung mussten an diesem Auge insgesamt 4 Netzhautoperationen bei Netzhautablösungen durchgeführt werden.

Zum Ende der Nachbeobachtung lag die Netzhaut bei allen Augen an. Bei einem Auge (1,1%) lag eine Phtisis bulbi vor. Dieser Befund wurde als Misserfolg gewertet, so dass wir bei 88 von 89 Augen (98,9%) von einem endgültigen Erfolg sprechen.

Tabelle 4: Anatomische Ergebnisse

Variable	
Erfolgreiche Netzhautanlage nach erster Op (n = 89)	
Ja	77 (86,5%)
Nein	12 (13,5%)
Zeitpunkt der erneuten Netzhautablösung	(in Monaten)
Mittelwert und Standardabweichung	1,53 ± 0,98
Minimum/Maximum	14 Tage/3,84
Ursache für erneute Netzhautablösung (n = 12)	
Netzhautloch	8 (66,7%)
PVR	3 (25,0%)
Umschriebene traktive Amotio	1 (8,3%)
Art der Reoperation (n = 12)	
PPV + Öl + Cerclage	5 (41,7%)
PPV + Gas + Cerclage	2 (16,7%)
PPV + Ölablassung + Gas + Cerclage	1 (8,3%)
PPV + Öl	1 (8,3%)
Cerclage	1 (8,3%)
Segmentale Plombe	1 (8,3%)
Argonlaserkoagulation	1 (8,3%)
Dauerhafte Netzhautanlage nach 2. Op (n = 89)	
Ja	88 (98,9%)
Nein	1 (1,1%)
Endgültiger anatomischer Erfolg (n = 89)	
Ja	88 (98,9%)
Nein	1 (1,1%)

3.5.2 Sehschärfe

Für die Veränderung der Sehschärfe zwischen Aufnahme und Ende der Beobachtung kann man erkennen, dass sich bei allen Augen mit Makulabeteiligung die Sehschärfe zum Ende der Nachbeobachtung gegenüber der Aufnahmeuntersuchung verbessert hatte (Abb. 3). Bei 93,8% dieser Augen steigerte sich die Sehschärfe um mehr als eine Visusstufe (Tabelle 5).

Von der Aufnahmeuntersuchung bis zum Ende der Nachbeobachtungszeit blieb die Sehschärfe bei 92,7% der Augen ohne Makulabeteiligung innerhalb von einer Visusstufe konstant oder steigerte sich um mehr als eine Visusstufe im Vergleich zum Aufnahmevisus (Tabelle 5). Fünf Augen ohne Makulabeteiligung (12,2%) hatten zum Ende der Nachbeobachtung eine geringere Sehschärfe als zur Aufnahme (Abb. 3) und bei drei Augen (7,3%) lag die Sehschärfe um mehr als eine Stufe niedriger als zum Zeitpunkt der Aufnahme (Tabelle 5).

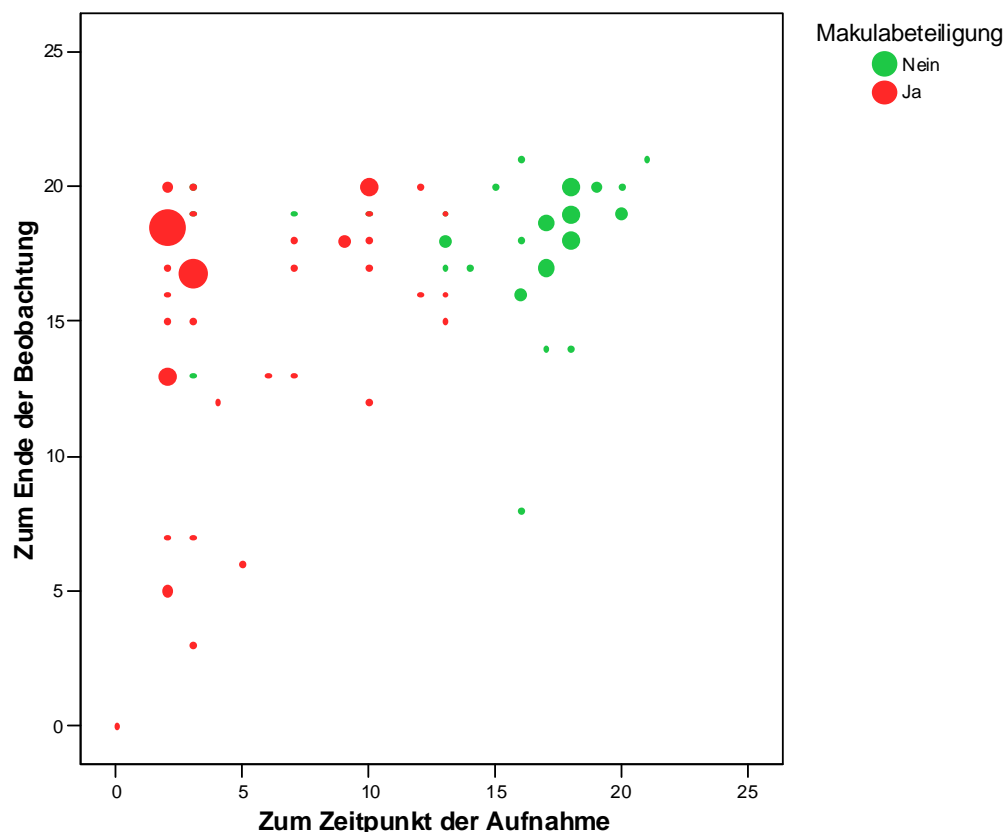


Abb. 3: Beziehung zwischen Sehschärfe bei Aufnahme und zum Ende (n = 89)

Angegeben ist die Sehschärfe in Visusstufen (Tabelle 1)

Tabelle 5 : Visusänderung von Aufnahme bis Ende der Untersuchung (n = 89)

Variable	Anzahl
Mehr als 1 Stufe schlechter	
Ohne Makulabeteiligung	3 (7,3%)
Mit Makulabeteiligung	0 (0%)
Gesamt	3 (3,4%)
Innerhalb von ± 1 Visusstufe	
Ohne Makulabeteiligung	18 (43,9%)
Mit Makulabeteiligung	3 (6,3%)
Gesamt	21 (23,6%)
Mehr als 1 Visusstufe besser	
Ohne Makulabeteiligung	20 (22,5%)
Mit Makulabeteiligung	45 (93,8%)
Gesamt	65 (73,0%)

Der Median der Sehschärfe lag zum Zeitpunkt der Aufnahme für alle 89 Augen bei 0,1 (nulla lux – 1,25). Am Ende der Beobachtung war der Median für die Sehschärfe dieser Augen um 8 Visusstufen auf 0,63 (nulla lux – 1,25) angestiegen.

Für die Augen ohne Makulabeteiligung stieg die Sehschärfe um 2 Visusstufen von 0,5 (FZ – 1,25) auf 0,8 (0,063 – 1,25) an. Sie erreichten postoperativ die Sehkraft der Partneraugen ($p = 0,418$) (Abb. 4).

Augen mit initialer Makulaabhebung hatten präoperativ nur eine geringe Sehschärfe von Fingerzählen (nulla lux – 0,2) und ihre Sehschärfe stieg postoperativ um durchschnittlich 14 Visusstufen an. Mit einer postoperativen Sehschärfe von 0,5 (nulla lux – 1,0) erreichten sie aber nicht die Sehkraft der Augen ohne Makulabeteiligung ($p = 0,001$) (Abb. 5), sowie der Partneraugen ($p = 0,000$). Die mittlere Differenz zu den Augen ohne Makulabeteiligung betrug 2,9 Visusstufen beziehungsweise 3,0 ($\pm 4,8$) zu den Partneraugen.

Die Sehschärfe der 89 Partneraugen blieb bis zum Ende der Nachbeobachtung gleich ($p = 0,078$). Der Median betrug präoperativ 0,8 (0,025 – 1,25) und lag am Ende der Beobachtungszeit ebenfalls bei 0,8 (Hbw – 1,25), zeigte aber eine Tendenz zu besseren Werten am Ende der Beobachtung (Abb. 6).

Eine Einschränkung für die postoperative Sehkraft auf Grund einer Amblyopie oder durch eine vorbestehende Schädigung der Netzhaut war bei 15 von 89 Augen (16,9%) bereits zum Zeitpunkt der Netzhautablösung bekannt.

Zum Ende der Nachbeobachtungszeit konnten 68 von 89 Augen (76,4%) eine Sehschärfe von $\geq 0,4$ erreicht (Tabelle 7). Unter diesen 68 Augen befanden sich 37 der 41 Augen ohne Makulabeteiligung (90,2%) und 31 der 48 Augen mit Makulabeteiligung (64,6%).

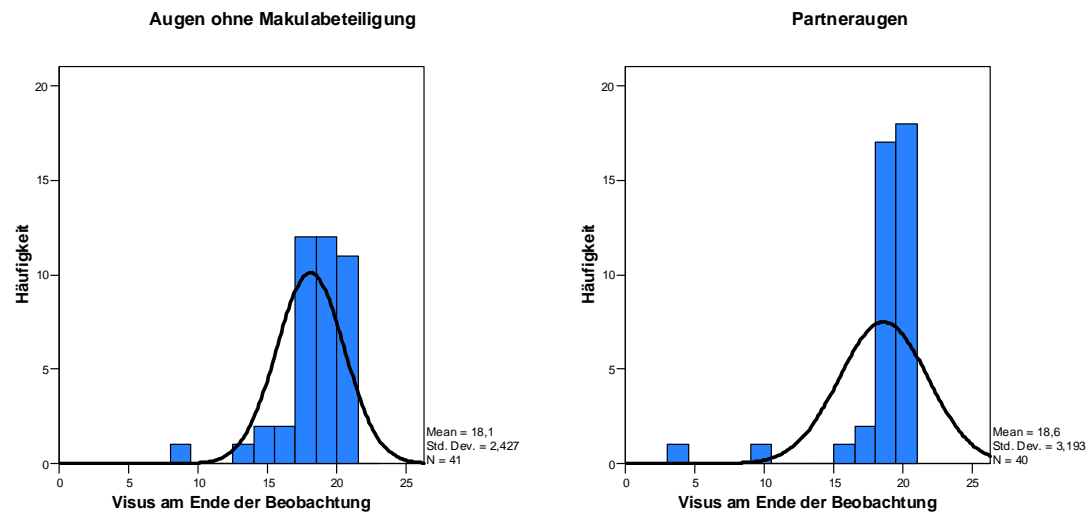


Abb 4: Vergleich der postoperativen Sehschärfe für Augen ohne Makulabeteiligung und ihre Partneraugen

Angabe der Sehschärfe in Visusstufen (Tabelle 1)

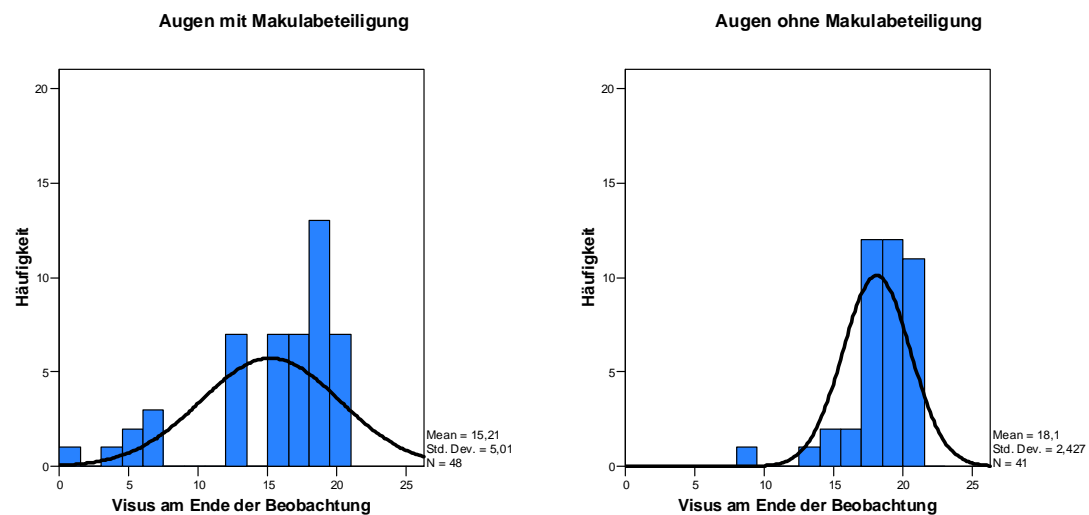


Abb 5: Vergleich der postoperativen Sehschärfe für Augen mit und ohne Makulabeteiligung

Angabe der Sehschärfe in Visusstufen (Tabelle 1)

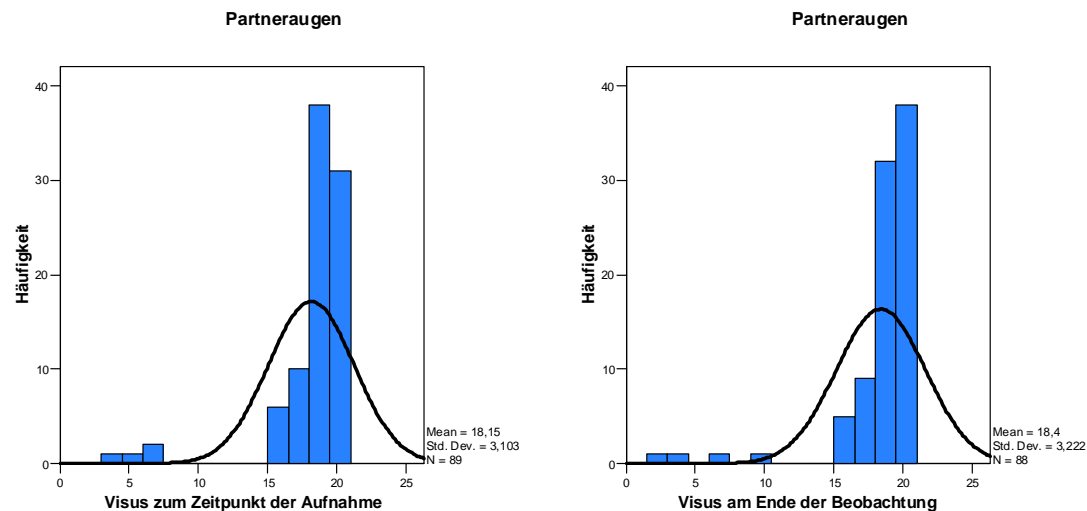


Abb 6: Sehschärfevergleich der Partneraugen zwischen Aufnahme und Ende der Nachbeobachtung

Angabe der Sehschärfe in Visusstufen (Tabelle 1)

Bei 22 Augen, davon 15 Augen ohne und 7 Augen mit initialer Makulabeteiligung, konnte der postoperative Verlauf der Sehschärfe nach 3, 6 und 12 Monaten, sowie zum Ende der Nachbeobachtung bestimmt werden. Über den gesamten Zeitraum von 37,7 Monaten ($\pm 15,0$) konnte man für beide Gruppen eine Zunahme der Sehschärfe erkennen (Abb. 7 und Tabelle 6). Bei den Augen mit Makulabeteiligung war ihre Sehschärfe drei Monate nach der primären Operation deutlich verbessert. Sechs Monate nach primärer Operation hatte sich die Sehschärfe um weitere zwei Visusstufen gesteigert. Im weiteren Verlauf kann man erkennen, dass ausgehend von der Sehschärfe nach sechs Monaten bis zum Ende der Nachbeobachtung die Sehschärfe stabil blieb. Bei einigen Augen konnte sogar noch ein leichter weiterer Anstieg der Sehschärfe bis zum Ende beobachtet werden (Abb. 7).

Die Augen ohne Makulabeteiligung verbesserten ihre Sehschärfe im ersten halben Jahr nach der Operation um eine Visusstufe.

Die Sehschärfe nahm für die Augen mit Makulabeteiligung stärker zu, erreichte am Ende aber nicht die Sehschärfe der Augen ohne Makulabeteiligung ($p = 0,001$).

Tabelle 6 : Visusverlauf (n = 22)

Lagemaß	Zeitpunkt der Visuserhebung	Macula-on (n = 15)	Macula-off (n = 7)
Median	Aufnahme	0,5	FZ
	3 Monate nach Op	0,5	0,25
	6 Monate nach Op	0,63	0,4
	12 Monate nach Op	0,8	0,4
	≥24 Monate nach Op	0,8	0,5
Spannweite	Aufnahme	FZ – 1,0	FZ – 0,16
	3 Monate nach Op	0,2 – 1,0	0,2 – 1,0
	6 Monate nach Op	0,4 – 1,0	0,05 – 0,63
	12 Monate nach Op	0,125 – 1,0	0,1 – 0,63
	≥24 Monate nach Op	0,25 – 1,0	0,2 – 1,0

Tabelle 7: Anatomische und funktionelle Ergebnisse

Sehschärfe ≥ 0,4	Anzahl
Macula-Off (n = 48)	
Präoperativ	0 (0%)
Postoperativ	31 (64,6%)
Macula-On (n = 41)	
Präoperativ	23 (56,1%)
Postoperativ	37 (90,2%)
Dauerhafte Netzhautanlage	
Nach einer Operation	77 (86,5%)
Nach 2 Operationen	88 (98,9%)
Nach >2 Operationen	88 (98,9%)

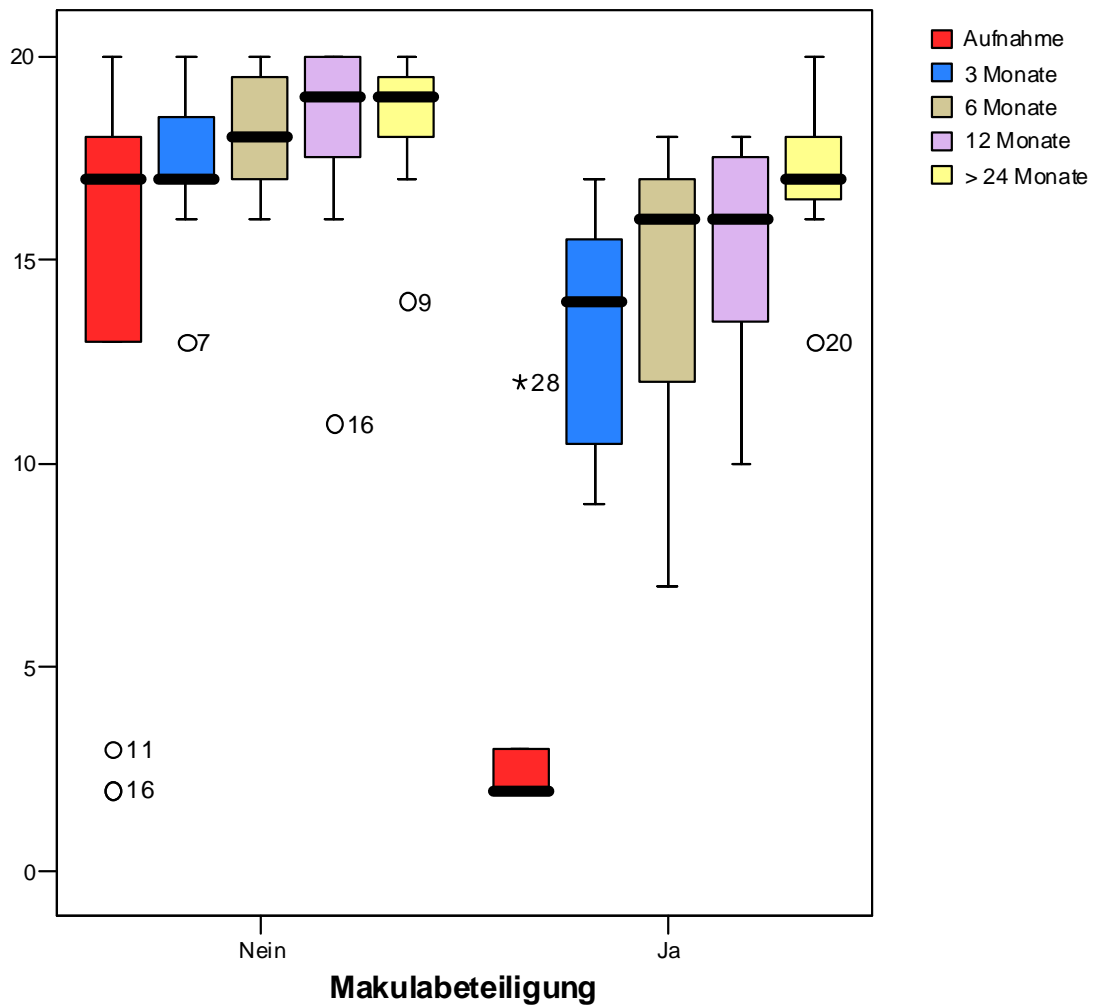


Abb 7: Visusverlauf (n = 22)

Ordinate in Visusstufen, Abszisse unterscheidet zwei Gruppen bezüglich Makulabeteiligung, Box wird durch 25. und 75. Perzentile begrenzt, Strich innerhalb der Box = Median, Querstriche = größter bzw. kleinster Wert, Punkte = Ausreißer, Sternchen = Extremwerte.

3.6 Weitere postoperative Befunde

Die 89 Augen dieser Studie wurden über einen Zeitraum von 28,8 Monate ($\pm 17,1$) nachbeobachtet. Die kürzeste Nachbeobachtungszeit betrug 6,3 Monate, die längste 60,3 Monate.

3.6.1 Anzahl der Operationen

Insgesamt wurden die 89 Augen zwischen Aufnahme und Ende der Nachbeobachtung 135mal operiert. In dieser Betrachtung werden neben den 89 primär operativen Eingriffen bei rhegmatogener Netzhautablösung 14 weitere Netzhauteingriffe bei

erneuten Netzhautablösungen, 15 Silikonölablassungen, 16 Kataraktoperationen bei Cataracta complicata und eine Vitrektomie zur Entfernung einer epiretinalen Gliose berücksichtigt. Bei 18 Augen erfolgte im Rahmen der primären Vitrektomie eine kombinierte Kataraktoperation.

Bei 55 von 89 Patienten (61,8%) konnte der anatomischen Erfolg und das funktionelle Ergebnis mit der primären Pars-plana Vitrektomie ohne Buckel erreicht werden. 26 Augen (29,2%) wurden zweimal operiert, 6 Augen (6,7%) dreimal, ein Auge (1,1%) viermal und ein Auge (1,1%) sechsmal. Das Auge mit vier Operationen hatte eine Vitrektomie mit Silikonöltamponade bei erneuter Netzhautablösung, eine Ölablassung und eine Kataraktoperation. Die sechs Operationen bei einem Auge umfassen vier vitreoretinale Eingriffe bei Netzhautablösungen und zwei Ölablassungen. Eine Ölablassung stellt keinen komplizierenden Eingriff dar, sondern ist bei erfolgreich operierten Augen notwendig. 14 von 15 Silikonöltamponaden und die entsprechenden Silikonölablassungen wurden in der Universitäts-Augenklinik Marburg durchgeführt. Die Dauer der Silikonöltamponade betrug $5,4 \text{ Monate} \pm 3,0$ mit einer kürzesten Dauer von 2,2 Monaten und einer längsten Dauer von 11,3 Monaten.

3.6.2 Komplikationen

Komplikationen während des stationären Aufenthalts traten bei 20 von 89 Augen (22,5%) auf. Eine Nachblutung im hinteren Augenabschnitt kam bei drei Augen (3,4%) vor, wovon zwei Glaskörperblutungen und eine Aderhautblutung waren. Ein Auge (1,1%) zeigte postoperativ ein Hyphäma. Die häufigste postoperative Komplikation war eine temporäre okuläre Hypertension. Hiermit ist ein vorübergehender postoperativer Tensioanstieg $\geq 25 \text{ mmHg}$ bei acht Augen (9,0%) gemeint, welcher in allen Fällen konservativ erfolgreich behandelt werden konnte. Eine Trübung der Linse wurde bei drei Augen (3,4%) bereits kurz nach der Operation beobachtet. Weitere Komplikationen waren eine Erosio corneae bei vier Augen (4,5%), eine Linsenluxation unter Gas bei einem Auge (1,1%) und eine Perfluorcarbonretention bei einem Auge (1,1%).

Komplikationen nach der stationären Behandlung traten während der weiteren Nachbeobachtung bei 42 Augen (47,2%) auf (Tabelle 8). Zwölf Augen (13,5%) erlitten eine erneute Netzhautablösung. Eine proliferative Vitreoretinopathie mit erneuter Netzhautablösung entwickelte sich bei drei Augen (3,4%). Bei acht Augen (9,0%) entstand eine epiretinale Gliose. Die häufigste postoperative Komplikation war eine Cataracta complicata. Eine vorwiegend nukleäre Trübung der Linse entwickelte sich postoperativ bei 19 von 21 postoperativ phaken Augen (90,5%). Von diesen 19 Augen waren zum Ende der Nachbeobachtung bereits 16 Augen an der Katarakt operiert. Der

Befund eines Sekundärglaukoms wurde bei vier Augen (4,5%) beschrieben. Ein Sekundärglaukom wird über einen erhöhten Augeninnendruck ($>21\text{mmHg}$) definiert, der zu typischen glaukomatösen Sehnervenveränderungen und Gesichtsfelddefekten führt und durch andere okuläre oder extraokuläre Erkrankungen oder die Einnahme von Medikamenten hervorgerufen wird. Die Ursachen hierfür sind vielfältig. Bei einem Auge (1,1%) lag zum Ende der Nachbeobachtung eine Phtisis bulbi vor. Die weiteren beobachteten Komplikationen umfaßten ein Makulaforamen bei einem Auge (1,1%), ein Makulaödem bei einem Auge (1,1%), eine PFC-Retention bei zwei Augen (2,2%), hintere Synechien bei zwei Augen (2,2%) und Diplopie bei einem Patienten (1,1%).

Tabelle 8: Postoperative Befunde

Variable	
Nachbeobachtungszeitraum	Zeit in Monaten
Mittelwert und Standardabweichung	28,8 \pm 17,1
Minimum/Maximum	6,3/60,3
Anatomische Ergebnisse	Anzahl
Erfolg nach primärer Vitrektomie	77 (86,5%)
Endgültiger anatomischer Erfolg	88 (98,9%)
Komplikationen	Anzahl
Erneute Netzhautablösung	12 (13,5%)
PVR	3 (3,4%)
Temporäre Hypertension ($\geq 25\text{mmHg}$)	8 (9,0%)
Sekundärglaukom ($>21\text{mmHg}$)	4 (4,5%)
Cataracta complicata	19 (21,3%)
Epiretinale Gliose	8 (9,0%)
Weitere	7 (7,9%)

3.7 Ultrastruktur der Makula

Eine ultrastrukturelle morphologische Bildgebung der Makula mittels optischer Kohärenztomographie erfolgte postoperativ bei 42 von 89 operierten Augen (47%) und bei 40 von 89 Partneraugen (45%). Von 42 operierten Augen wurden 14 (33%) mit dem OCT1 und 28 (67%) mit dem OCT3 untersucht. Von den 40 Partneraugen wurden zwölf (30%) mit dem OCT1 und 28 (70%) mit dem OCT3 untersucht. Eine Unterscheidung zwischen OCT1 und OCT3 ist von Bedeutung, da nur mit dem OCT3 eine quantitative Analyse der Makula durchgeführt werden konnte. Die Kontrolluntersuchungen wurden zwischen acht Monaten und 60 Monaten nach Operation durchgeführt. Der Median lag bei 25,5 Monaten.

3.7.1 Morphologie

Eine morphologische Beurteilung nach erfolgreicher Netzhautanlage mittels optischer Kohärenztomographie wurde bei 42 operierten Augen durchgeführt. Dabei zeigte sich bei 27 Augen (64,3%) ein regelrechter Befund (Abb. 8 a). Drei Augen (7,1%) wiesen myopiebedingte Veränderungen auf (Abb. 8 c). Die häufigste pathologische Veränderung war eine epiretinale Membran im Bereich der Makula (Abb 8 b). Dies zeigte die Untersuchung mit der optischen Kohärenztomographie bei sieben von 42 Augen (16,7%). Eine morphologisch veränderte Makula nach Entfernung einer epiretinalen Gliose zeigten drei Augen (7,1%), wovon 2 epiretinale Membranen bereits zum Zeitpunkt der Aufnahme bestanden und während der primären Pars-plana Vitrektomie entfernt wurden. Weiterhin zeigte sich bei einem Auge (2,4%) ein Makulaforamen (Abb. 8 d) und bei einem Auge (2,4%) bestand ein zystoides Makulaödem.

Die mit der optischen Kohärenztomographie dargestellten epiretinalen Membranen der Makula waren in Bezug auf Stärke, Ausdehnung und Lokalisation sehr unterschiedlich (Abb. 9). So zeigte sich unter anderem eine extafoveoläre Membran mit erhaltener foveolärer Depression (Abb 9 b), eine leichte zentrale Gliose (Abb. 9 c), eine ausgeprägte Gliose im unteren temporalen Quadranten mit seröser Abhebung der Fovea (Abb. 9 d) und eine ausgeprägte Gliose der gesamten Makula (Abb. 9 e). Die epiretinale Gliose trat postoperativ bei drei männlichen und vier weiblichen Patienten auf. Zum Zeitpunkt der Operation waren diese Patienten zwischen 52 und 74 Jahren alt (Tabelle 9). Klinisch war die epiretinale Gliose in allen Fällen leicht bis mäßig ausgeprägt und bei keinem Auge stellten wir die Indikation zur operativen Behandlung mittels Vitrektomie.

Alle Augen mit Entwicklung eines Macular pucker nach Vitrektomie hatten eine Netzhautablösung mit Makulabeteiligung. Vier Augen waren bereits zum Zeitpunkt der Netzhautablösung pseudophak, bei zwei Augen wurde die primäre Vitrektomie mit einer Kataraktoperation kombiniert und ein Auge wurde drei Wochen nach Vitrektomie an einer Cataracta complicata operiert. Die Sehschärfe für die Augen mit epiretinale Gliose lag zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung zwischen 0,2 und 0,63 und fünf Augen (71,4%) hatten eine Sehschärfe $\geq 0,4$ (Tabelle 9). Nur bei zwei von sieben Patienten (28,6%) war die Diagnose vor unserer Kontrolluntersuchung bekannt und nur drei Patienten (42,9%) gaben Symptome an. Ohne die zusätzliche OCT-Untersuchung und alleine durch Funduskopie wäre die Diagnose bei vier Augen (57,1%) gestellt worden (Tabelle 9). Bei allen Patienten mit Symptomen konnte eine epiretinale Membran biomikroskopisch gesehen werden.



Abb 8: Beispiele für morphologische Befunde im OCT und Fundusphoto

- a) Unauffällige Morphologie 28 Monate nach Ablatio retinae mit Makulabeteiligung.
- b) Macular pucker 11 Monate nach Ablatio retinae mit Makulabeteiligung.
- c) Myope Fundusveränderungen 47 Monate nach Ablatio retinae ohne Makulabeteiligung.
- d) Makulaforamen 16 Monate nach Ablatio retinae mit Makulabeteiligung.

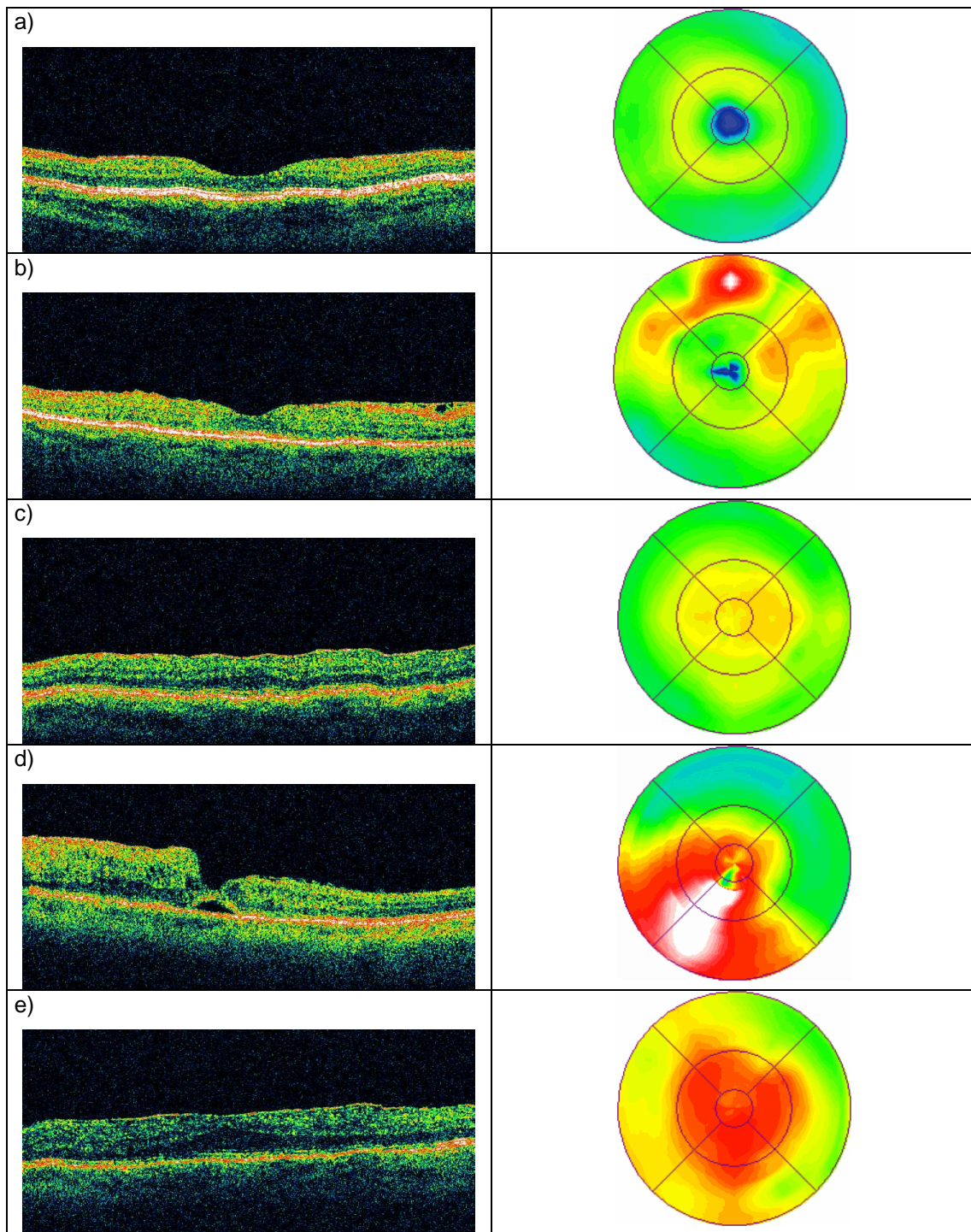


Abb. 9 Morphologische Befunde im OCT bei epiretinaler Gliose

- a) Kontrollperson 7 mit morphologisch unauffälliger Makula und normaler Netzhautdicke.
- b) Patient 1 mit extrafoveolärer Gliose nasal zwischen 2 und 3 Uhr und erhaltener foveolärer Depression, die Erhebung bei 12 Uhr gehört zu einem choroidalen Tumor.
- c) Patient 4 mit leichter zentraler Gliose.
- d) Patient 3 mit epiretinaler Gliose im temporal unteren Quadranten, die bis an die Foveola heranreicht und eine seröse Netzhautabhebung verursacht.
- e) Patient 6 mit ausgeprägter zentraler epiretinaler Gliose und deutlicher Netzhautverdickung im Bereich der Fovea.

Tabelle 9: Befunde bei Augen mit Entwicklung eines Macular pucker

Alter in Jahren, Nachbeobachtung in Monaten, N = Nicht gesehen

	Patient 1	Patient 2	Patient 3	Patient 4	Patient 5	Patient 6	Patient 7
Diagnose	Neu	Bekannt	Bekannt	Neu	Neu	Neu	Neu
Visus	0,2	0,63	0,2	0,5	0,63	0,63	0,4
Symptome	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein
Stadium	0	I	II	0	0	II	0
Präop macula-off	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Alter	66	60	74	58	72	57	52
Nachbeobachtung	56	17	21	10	47	11	20
Funduskopisch	Gesehen	Gesehen	Gesehen	N	N	Gesehen	N

3.7.2 Quantitative Analyse

Neben der morphologischen Beurteilung der Makula wurde mit der beim OCT3 zur Verfügung Software eine quantitative Analyse von Netzhautdicken und Netzhautvolumina möglich. Zum Vergleich von Netzhautdicken und Netzhautvolumina wurden die von der Software ermittelten Werte für die minimale Netzhautdicke im Bereich der Fovea in μm , das Foveavolumen in mm^3 und das Makulavolumen in mm^3 ausgesucht. Dabei wurde sehr streng auf die Qualität der Auswertung geachtet, indem für jeden Schnitt einzeln überprüft wurde, ob das Programm die Begrenzungen retinales Pigmentepithel und Membrana limitans interna korrekt gewählt hatte. Zunächst wurden in einer Kontrollgruppe gesunder Individuen für die ausgewählten Parameter die Unterschiede zwischen den Augen einer Person sowie die Netzhautdicken zwischen unterschiedlichen Personen ausgewertet. Dabei ließen sich für die drei Parameter zwischen verschiedenen Personen große interindividuelle Unterschiede feststellen (Tabelle 10 a). Zwischen zwei gesunden Augen einer Person gibt es dagegen bezüglich der Netzhautdicke und der Netzhautvolumina nur minimale Unterschiede im Bereich von wenigen Mikrometern. Rechtes und linkes Auge sind physiologischerweise sozusagen identische Zwillinge (Tabelle 10 b).

Tabelle 10: Quantitative Analyse der Makula in der Kontrollgruppe

a) Mittelwerte für interindividuelle Unterschiede

Variable	Mittelwert	Standard- abweichung	95% Konfidenzintervall	
			untere	obere
Minimum der Fovea (μm)				
Rechtes Auge	154	25	133	175
Linkes Auge	155	24	135	175
Foveavolumen (mm^3)				
Rechtes Auge	0,155	0,020	0,138	0,172
Linkes Auge	0,156	0,020	0,139	0,172
Makulavolumen (mm^3)				
Rechtes Auge	7,01	0,30	6,75	7,26
Linkes Auge	7,01	0,26	6,79	7,22

b) t-Test für intraindividuelle Unterschiede

Variable	Mittelwert	Gepaarte Differenzen			
		Standard- abweichung	P-Wert	95% Konfidenzintervall Untere	Obere
Minimum der Fovea (μm)	-1,4	3,7	0,333	-4,5	1,8
Foveavolumen (mm^3)	-0,009	0,022	0,317	-0,003	0,001
Makulavolumen (mm^3)	0,003	0,102	0,947	-0,083	0,088

Für das Patientenkollektiv wurde der Vergleich von Netzhautdicken und Netzhautvolumina zwischen operiertem Auge und gesundem Partnerauge nur bei postoperativ morphologisch regelrechten Augen durchgeführt. 17 operierte Augen (60,7%) wiesen keine morphologischen Veränderungen der Makula auf. Ein Augenpaar wurde ausgeschlossen, da am Partnerauge ebenfalls eine Netzhautablösung stattgefunden hatte. Von diesen 16 Augenpaaren wurden die drei Parameter minimale Netzhautdicke in μm im Bereich der Fovea, das Foveavolumen in mm^3 und das Makulavolumen in mm^3 verglichen. Zur Auswertung wurden die Augen weiterhin in Abhängigkeit von der Makulabeteiligung in zwei Gruppen unterteilt. Eine gemeinsame Beobachtung für beide Gruppen war, dass sowohl die operierten Augen mit Makulabeteiligung ($p = 0,062$) als auch die operierten Augen ohne Makulabeteiligung regelmäßig ein größeres Makulavolumen im Vergleich zu den Partneraugen zeigten ($p = 0,051$) (Tabelle 11).

3 Ergebnisse

Bei den Augen ohne Makulabeteiligung zeigten sich für alle drei Parameter gleichsinnige Tendenzen und alle bestimmten Netzhautdicken und Netzhautvolumina waren am operierten Auge tendenziell größer als am Partnerauge (Abb. 10 und Tabelle 11). Das Minimum der Fovea war 11,4%, das Foveavolumen 10,4% und das Makulavolumen 5,9% größer als am Partnerauge. Nur der Unterschied für das Foveavolumen erreichte statistische Signifikanz ($p = 0,013$).

Der Vergleich zwischen operierten Augen mit Makulabeteiligung und ihren Partneraugen zeigte für die drei Parameter unterschiedliche Tendenzen. Die minimale Netzhautdicke der Augen mit Makulabeteiligung war um 8,2% niedriger als am Partnerauge (Tabelle 11 und Abb. 10). Das Foveavolumen für Augen mit Makulabeteiligung und ihre Partneraugen war exakt gleich ($p = 1,000$). Das Makulavolumen der operierten Augen war um 7,6% größer als bei den Partneraugen. Unter Berücksichtigung des gleichen Foveavolumens für operierte Augen und Partneraugen ergibt sich für den Bereich jenseits der Fovea (zwischen 0,5 und 3 mm Radius) einer Erhöhung des Netzhautvolumens um 9,1%.

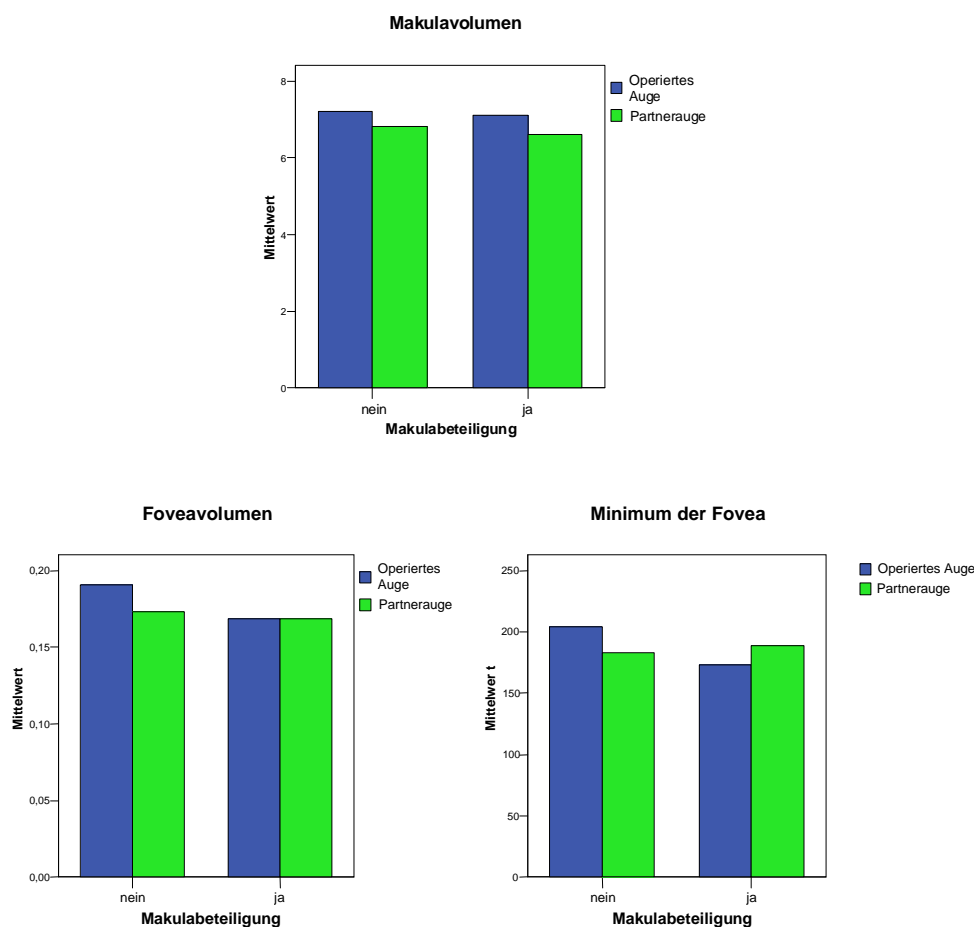


Abb 10: Quantitative Unterschiede der Makula für Augen mit und ohne Makulabeteiligung im Vergleich zum Partnerauge

Makulavolumen und Foveavolumen in mm^3 , Minimum der Fovea in μm

Tabelle 11: Quantitative Unterschiede der Makula im Patientenkollektiv

a) Mittelwerte der Patientenaugen

Variable			Mittelwert	Standard-abweichung	95% Konfidenzintervall	
					untere	obere
Minimum der Fovea (μm)						
Macula-on	OP-Auge		204	42	169	239
	Partnerauge		183	38	151	215
Macula-off	OP-Auge		173	50	131	215
	Partnerauge		188	31	162	214
Foveavolumen (mm^3)						
Macula-on	OP-Auge		0,191	0,019	0,175	0,207
	Partnerauge		0,173	0,022	0,155	0,192
Macula-off	OP-Auge		0,168	0,032	0,142	0,195
	Partnerauge		0,168	0,023	0,149	0,188
Makulavolumen (mm^3)						
Macula-on	OP-Auge		7,21	0,28	6,98	7,45
	Partnerauge		6,81	0,42	6,46	7,16
Macula-off	OP-Auge		7,12	0,44	6,75	7,48
	Partnerauge		6,61	0,53	6,16	7,06

b) t-Test für quantitative Unterschiede zwischen operiertem Auge und Partnerauge

Variable	Gepaarte Differenzen				
	Mittelwert	Standard-abweichung	P-Wert	95% Konfidenzintervall	
				Untere	Obere
Minimum der Fovea (μm)					
Macula-on	20,9	30,7	0,096	-4,8	46,6
Macula-off	-15,5	34,7	0,247	-44,5	13,5
Foveavolumen (mm^3)					
Macula-on	0,018	0,015	0,013	0,005	0,300
Macula-off	0,000	0,017	1,000	-0,140	0,140
Makulavolumen (mm^3)					
Macula-on	0,40	0,49	0,051	-0,02	0,81
Macula-off	0,50	0,64	0,062	-0,03	1,04

Die Partneraugen waren sich bezüglich der Mittelwerte der gemessenen Parameter in beiden Gruppen ähnlich (Tabelle 11). Daher haben wir auch die Parameter für die operierten Augen ohne Makulabeteiligung mit den Augen mit Makulabeteiligung verglichen. Obwohl sich die operierten Augen der Gruppen mit und ohne Makulabeteiligung bezüglich des Makulavolumens nach der Operation sehr ähnlich waren ($p = 0,599$), war das Foveavolumen ($p = 0,074$) und das Minimum der Fovea ($p = 0,141$) für Augen mit Makulabeteiligung tendenziell geringer als bei Augen ohne Makulabeteiligung (Tabelle 11 a).

3.8 Prä- und postoperativer Linsenstatus

Zum Zeitpunkt der rhegmatogenen Netzhautablösung waren 39 Augen phak (43,8%), 47 Augen pseudophak (52,8%) und drei Augen aphak (3,4%) (Tabelle 2). Damit lag bei 47 von 89 Augen (52,8%) eine Pseudophakieablatio vor, welche bei 46 Augen 2,8 Jahre nach Kataraktoperation entstand. Das kürzeste Intervall zwischen Kataraktoperation und primärer Pars-plana Vitrektomie lag bei 52 Tagen, das längste betrug 14,4 Jahren. 19 von 47 Pseudophakieablationes (40,4%) traten innerhalb der ersten zwei Jahre nach Kataraktoperation auf. Von einem Auge (2,1%) ist keine Zeitangabe über die Kataraktoperation zu finden gewesen.

Die hintere Kapsel war präoperativ bei 18 von 47 pseudophaken Augen (38,3%) intakt. 29 pseudophake Augen (61,7%) hatten einen hinteren Kapseldefekt oder gar keinen Kapselsack mehr. Die Ursache für den hinteren Kapseldefekt war bei 20 von 29 Augen (69,0%) eine YAG-Kapsulotomie. sechs von 29 Augen (20,7%) hatten vor der Netzhautablösung eine Kataraktoperation mit einer hinteren Kapselruptur. Bei einem Auge (3,3%) wurde die Linse intrakapsulär entfernt und sekundär eine sulkusfixierte Linse implantiert. Bei zwei Augen (6,9%) war keine Ursache für den hinteren Kapseldefekt dokumentiert. Bei 17 von 20 Augen (85,0%) mit YAG-Kapsulotomie ist das Datum bekannt. Eine Netzhautablösung trat 1,6 Jahre nach YAG-Kapsulotomie auf. Sieben von 17 rhegmatogenen Netzhautablösungen (41,2%) traten innerhalb von einem Jahr nach YAG-Kapsulotomie auf. Das kürzeste Intervall zwischen YAG-Kapsulotomie und rhegmatogener Netzhautablösung betrug 37 Tage. Die Netzhautablösungen für die sechs Augen mit komplizierter Kataraktoperation traten nach 0,8 Jahren auf. Alle Netzhautablösungen nach komplizierter Kataraktoperation traten innerhalb von neun Jahren auf. Drei von sechs komplizierten Kataraktoperationen (50%) lagen weniger als drei Monate zurück. Das kürzeste Intervall zwischen komplizierter Kataraktoperation und primärer Pars-plana Vitrektomie betrug 52 Tage.

3 Ergebnisse

Die Pars-plana Vitrektomie wurde bei 17 der 39 phaken Augen (43,6%) mit einer Phakoemulsifikation und Implantation einer Hinterkammerlinse kombiniert und bei einem phaken Auge (2,6%) wurde die Linse komplett entfernt. Dieser Patient war 35 Jahre alt und hatte eine proliferative Vitreoretinopathie im Stadium C. Die Patienten mit gleichzeitiger Pars-plana Vitrektomie und Phakoemulsifikation waren zum Operationszeitpunkt zwischen 50,5 und 79,8 Jahren alt ($65,2 \text{ Jahre} \pm 8,1$). Auf Grund dieses kombinierten Eingriffs waren unmittelbar postoperativ 21 Augen (23,6%) phak, 64 Augen (71,9%) pseudophak und 4 Augen (4,5%) aphak.

Während des Nachbeobachtungszeitraums entstanden in 19 Augen Linsentrübungen. Bei 16 Augen wurde die Indikation zu einer Kataraktoperation gestellt. Diese Patienten waren zum Zeitpunkt der Pars-plana Vitrektomie zwischen 59,0 und 74,5 Jahren alt ($63,6 \text{ Jahre} \pm 3,9$). 15 von 16 Augen wurden 0,9 Jahre nach der primären Pars-plana Vitrektomie an einer Cataracta complicata operiert, davon neun Augen (60,0%) bereits innerhalb des ersten postoperativen Jahres. Das kürzeste Intervall betrug 24 Tage, das längste 3,8 Jahre.

Am Ende der Nachbeobachtungszeit waren von 89 Augen fünf Augen (5,6%) phak, 79 Augen (88,8%) pseudophak und vier Augen (4,5%) aphak. Bei einem Auge (1,1%) war der Linsenstatus am Ende der Beobachtungszeit nicht bekannt (Abb. 5), weil von dem behandelnden niedergelassenen Augenarzt im Fragebogen keine Angaben zum Linsenstatus eingetragen wurden. Die fünf Augen mit eigener Linse waren ausschließlich bei Patienten zu finden, die zum Zeitpunkt der primären Pars-plana Vitrektomie zwischen 31,0 und 44,0 Jahren alt waren ($37,7 \text{ Jahre} \pm 4,6$). Allerdings bestanden bei drei von fünf Augen Linsentrübungen und bei zwei Augen waren die Linsentrübungen so stark, dass sie die Sehschärfe beeinträchtigten.

4 Diskussion

4.1 Das Patientenkollektiv

Es bestand das Bestreben rhegmatogene Netzhautablösungen primär mit segmentaler Plombenchirurgie zu versorgen, weil diese eine hohe Erfolgsrate aufweist und auch bezüglich Komplikationen das geringste Risiko besitzt. Allerdings gibt es Befunde, die eine rhegmatogene Netzhautablösung komplizieren und dadurch die primäre Erfolgsrate der segmentalen Plombenchirurgie limitieren. Zu diesen Befunden zählen zum Beispiel Riesenrisse oder eine proliferative Vitreoretinopathie im Stadium C. Hier kann eine primäre Pars-plana Vitrektomie zur Verbesserung der funktionellen und anatomischen Ergebnisse beitragen. Diese Indikationsstellung wirkt sich sowohl auf die Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Operationsmethoden wie auch auf die Zusammensetzung der einzelnen Patientenkollektive aus. 59% aller rhegmatogenen Netzhautablösungen wurden im Beobachtungszeitraum mit einer segmentalen Plombe versorgt und 37% erhielten eine primäre Pars-plana Vitrektomie (Abb.1 und Abb. 2). Generell hat die Vitrektomie als primäres Operationsverfahren der Netzhautablösung heutzutage mit bis zu 63% gegenüber der segmentalen Plombenchirurgie eine weite Verbreitung gefunden (Minihan et al. 2001). Die Indikationsstellung in der Augenklinik Marburg veränderte sich über den gesamten Beobachtungszeitraum nicht, was aus dem konstant bleibenden Verhältnis zwischen segmentaler Plombe und primärer Vitrektomie erkennbar ist (Abb. 2). Bei den primären Pars-plana Vitrektomien hatte man sich in etwa 50% für eine zusätzliche Cerclage entschieden.

In dem hier untersuchten Patientenkollektiv mit 89 Augen kommt die Patientenselektion durch die Indikationsstellung deutlich zum Ausdruck. Eine eindeutige Indikation für eine primäre Pars-plana Vitrektomie lag bei 46 Augen vor. Von diesen 46 Augen wurden 18 Augen aufgrund einer präoperativen PVR Stadium C vitrektomiert. Eine dichte Glaskörperblutung lag bei 14 Augen vor und weitere fünf Augen hatten einen Riesenriss. Multiple Löcher zeigten acht Augen und bei zwei Augen fand sich eine vollständige Netzhautablösung. Bei den restlichen 41 Augen ist auf Grund der retrospektiven Betrachtung die Indikationsstellung des Operateurs zur primären Pars-plana Vitrektomie nicht eindeutig ersichtlich, trotzdem wurde aus verschiedenen Gründen der Vitrektomie die größere Chance auf Erfolg eingeräumt. Von diesen 41 Augen waren nur 14 Augen phak, 26 Augen hatten eine Pseudophakieablatio und ein Auge war aphak. Bei einer Pseudophakieablatio tendieren die meisten Operateure eher zur Vitrektomie.

4.2 Primäre Wiederanlage

Das wichtigste Ziel in der Behandlung von Netzhautablösungen ist die erfolgreiche Wiederanlage der Netzhaut mit der ersten Operation. Eine persistierende Netzhautablösung oder eine erneute Netzhautablösung führen zu weiteren dauerhaften Schädigungen der Netzhaut. Eine dauerhafte Wiederanlage wurde mit der primären Pars-plana Vitrektomie in 86,5% der Augen erreicht.

Vergleicht man unsere Fallserie mit gleichartig erhobenen Daten und ebenfalls einer Nachbeobachtung von mindestens sechs Monaten, so zeigen sich sowohl für primäre Pars-plana Vitrektomien ohne Cerclage als auch mit Cerclage ähnliche Erfolgsraten (Tabelle 12). Der primäre anatomische Erfolg in diesen Veröffentlichungen liegt zwischen 64% und 100%. In der Gruppe primäre Vitrektomie mit Cerclage wird die kumulative primäre Erfolgsrate von 96,2% sehr wahrscheinlich überschätzt, weil dort mehrere Studien mit 100% primärem Erfolg angegeben werden. Im Rahmen von Untersuchungen mit höheren Fallzahlen werden erneute Netzhautablösungen durch proliferative Vitreoretinopathie und Netzhautlöcher in einer signifikanten Anzahl unvermeidbar sein. Eine proliferative Vitreoretinopathie entsteht in 5% bis 10% und in etwa der gleichen Größenordnung tragen Netzhautlöcher zu erneuten Netzhautablösungen bei (Oshima et al. 1999). Eine realistische primäre Erfolgsrate in einem großen Patientenkollektiv dürfte damit zwischen 80-90% liegen. Beim Vergleich der Studien fällt weiter auf, dass die meisten Studien eine proliferative Vitreoretinopathie Stadium C ausgeschlossen haben. Für diese Ausgangssituation liegt die Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Behandlung niedriger. Eine frühere deskriptive Studie von Schmidt et al. schloss diese schwersten Fälle mit ein, in dieser Arbeit wurde eine primäre Erfolgsrate von 71% erreicht (Schmidt et al. 2003). Eine ähnliche Studie mit vergleichbarem Patientenkollektiv erreichte ebenfalls eine primäre Erfolgsrate von 71% (Heimann et al. 2006). Die endgültige Netzhautanlage wurde bei diesen beiden Studien in 95% der Augen erreicht. In der Studie von Schmidt wurde bei 76% der Operationen eine Cerclage verwendet und bei Heimann nur in 26% der Fälle. Es gibt bisher nur wenige Untersuchungen mit vergleichbarem Patientenkollektiv, die die Ergebnisse der primären Pars-plana Vitrektomie ohne und mit Cerclage gegenüberstellen. Zwei dieser nicht randomisierten Studien konnten keine Unterschiede zwischen beiden Operationstechniken nachweisen (Oshima et al. 1999; Pournaras und Kapetanios 2003). Ein primäres Vorgehen mit zusätzlicher Cerclage ist wegen der zusätzlichen Komplikationen nur mit einer höheren primären Wiederanlage zu rechtfertigen. Bei der Indikation sollte man daher immer den pathophysiologischen Mechanismus der rhegmatogenen Netzhautablösung bedenken. Eine Cerclage kann Traktionskräften an der Glaskörperbasis entgegenwirken und sollte somit bei

Vorhandensein dieser Traktionskräften eingesetzt werden. Es bleibt unklar, wie häufig solche Traktionskräfte nach ausgiebiger Entfernung der Glaskörperbasis bestehen und wie häufig sie für eine erneute Netzhautablösung verantwortlich sind.

Die primäre Pars-plana Vitrektomie ohne eindellende Chirurgie hatte für unser Patientenkollektiv trotz der komplexen Netzhautpathologie eine hohe primäre Wiederanlage. Wir führen dies in erster Linie auf die ausgiebige Säuberung der Glaskörperbasis zurück. Weiterhin ist die niedrige Rate an postoperativer proliferativer Vitreoretinopathie von 3,4% für die hohe primäre Wiederanlage zu beachten. Angesichts dieser Ergebnisse für das hier untersuchte Patientenkollektiv bezweifeln wir den Nutzen einer zusätzlichen Cerclage bezüglich einer höheren primären Wiederanlage. Zur endgültigen Klärung dieser Frage kann nur eine kontrollierte klinische Studie beitragen.

Tabelle 12: Veröffentlichte Ergebnisse der Vitrektomie mit oder ohne Cerclage

N/A = nicht angegeben

Autor	n	Präop PVR C	Primäre Netzhautanlage	Endgültige Netzhautanlage	Postop Visus $\geq 0,4$
PPV ohne Cerclage					
(Hoing et al. 1995)	32	0%	78%	94%	44%
(Heimann et al. 1996)	53	6%	64%	92%	41%
(Bovey et al. 1998)	18	22%	89%	100%	78%
(Campo et al. 1999)	275	0%	88%	96%	69%
(Oshima et al. 1999)	31	0%	94%	100%	N/A
(Miki et al. 2001)	51	0%	86%	100%	N/A
(Tanner et al. 2001)	9	0%	89%	100%	67%
(Le Rouic et al. 2002)	32	0%	84%	100%	N/A
Gesamt	501	1,4%	84,6%	96,8%	63,8%
PPV mit Cerclage					
(Bartz-Schmidt et al. 1996)	33	0%	94%	100%	79%
(el Asrar 1997)	22	0%	100%	100%	23%
(Desai und Strassman 1997)	10	0%	100%	100%	90%
(Sharma et al. 1998)	21	0%	91%	91%	19%
(Devenyi und de Carvalho)	94	0%	100%	100%	N/A
(Oshima et al. 1999)	32	0%	91%	100%	N/A
(Pournaras et al. 2000)	23	17%	92%	100%	65%
Gesamt	235	2,1%	96,2%	99,1%	54,1%

4.3 Erneute Netzhautablösung

Der anatomische Erfolg nach erster Operation hängt entscheidend von der Entdeckung und Behandlung aller bestehender Netzhautlöcher, der Bildung neuer Netzhautlöcher und der Entwicklung einer proliferativen Vitreoretinopathie ab. Eine erneute Netzhautablösung trat in unserem Patientenkollektiv bei zwölf Augen (13,5%) auf. Die proliferative Vitreoretinopathie ist die ernsthafteste postoperative Komplikation, weil sie die häufigste Ursache für ein endgültiges Scheitern der Netzhautanlage darstellt. Sie ist ein multifaktorielles Geschehen und entsteht nach Behandlung rhegmatogener Netzhautablösungen in 5-10% (Pastor et al. 2002). Eine proliferative Vitreoretinopathie trat in unserem Patientenkollektiv mit 3,4% relativ selten auf. Weiterhin war die proliferative Vitreoretinopathie in keinem Fall die Ursache für ein Scheitern der endgültigen Netzhautanlage. Neue Netzhautlöcher traten nach der Operation in 9,0% auf und waren in 2/3 der Fälle die häufigste Ursache der erneuten Netzhautablösung. Ob diese Netzhautlöcher bei der primären Operation übersehen wurden, ob sich die bestehenden Löcher wieder öffneten oder ob neue Netzhautlöcher postoperativ entstanden sind, lässt sich aufgrund des Studiendesigns mit Aktenauswertung nicht analysieren. Dies wäre zum Beispiel mit einer intraoperativen Video- oder Fotodokumentation möglich. Manche Autoren führen den Großteil (64,3%) erneuter Netzhautablösungen auf übersehene Netzhautlöcher zurück (Richardson et al. 2000). Andere Autoren beschreiben die Entstehung neuer Netzhautlöcher in vorher normal erscheinender Netzhaut nach Vitrektomie. (Miki et al. 2001). Gestützt wird diese Hypothese von der Tatsache, dass nach Vitrektomie bei Makulalöchern in etwa 3% der Fälle rhegmatogene Netzhautablösungen entstehen (Benson et al. 2001). Der einzige Misserfolg trat bei einem bereits präoperativ bestehenden Sekundärglaukom auf, dieses Auge ging letztendlich in eine Phtisis bulbi über.

Unsere Patienten wurden mindestens sechs Monate nachbeobachtet, wobei der längste Zeitraum zwischen Operation und erneuter Netzhautablösung betrug 3,8 Monate. In der Literatur werden erneute Netzhautablösung nach mehr als einem Jahr in etwa 2% der Fälle beschrieben (Foster und Meyers 2002). Dies kam in unserem Patientenkollektiv nicht vor, obwohl 71 von 89 Augen (79,8%) länger als ein Jahr, zwischen 13 und 60 Monaten, nachbeobachtet wurden.

4.4 Sehschärfe

4.4.1 Allgemeines

Die visuelle Rehabilitation nach Netzhautablösungen hängt grundsätzlich von der Makulabeteiligung ab (Tani et al. 1980; Wilkinson 1981). Patienten mit Netzhautablösungen ohne Makulabeteiligung erreichen postoperativ mit hoher Wahrscheinlichkeit wieder ihre Sehschärfe vor der Netzhautablösung. Bei Netzhautablösungen mit Makulabeteiligung ist die postoperative Sehschärfe trotz erfolgreicher Netzhautanlage häufig reduziert und es wurden einige Prädiktoren für die postoperative Sehschärfe bei Netzhautablösung mit Makulabeteiligung beschrieben. Lange Zeit galt die präoperative Sehschärfe als der beste Prädiktor für die visuelle Rehabilitation (Tani et al. 1980; Friberg und Eller 1992). Diese Beobachtung hat bis heute Gültigkeit. Kürzlich konnte ein interessanter neuer Prädiktor beschrieben werden. Zwei Studien konnten eine hohe Korrelation zwischen der Höhe der Makula-Abhebung und der postoperativen Sehschärfe nachweisen (Lecleire-Collet et al. 2005; Ross et al. 2005). Die Höhe der Makula-Abhebung wurde mit der optischen Kohärenztomographie beziehungsweise mittels 3-D-Ultraschall bestimmt. Bereits zuvor zeigte eine experimentelle Arbeit an Katzenaugen eine positive Korrelation zwischen der Höhe der Netzhautabhebung und dem Photorezeptorzelltod (Sakai et al. 2001). Es ist anscheinend so, dass die abgelöste Netzhaut noch teilweise über Diffusion von Nährstoffen durch die subretinale Flüssigkeit ernährt wird. Je höher die Makula abgehoben ist, desto weniger ist eine Versorgung der Nervenzellschicht mit Nährstoffen und Sauerstoff über die subretinale Flüssigkeit möglich und umso mehr Nervenzellen werden irreversibel geschädigt. Als weiterer wichtiger klinischer Prädiktor wurde die Dauer der Makula-Ablösung vorgeschlagen (Hassan et al. 2002). Allerdings konnte für die Dauer der Makulaablösung innerhalb der ersten Woche kein Einfluss auf die postoperative Sehschärfe nachgewiesen werden (Ross und Kozy 1998). Es gibt also eine schnell einsetzende Schädigung der Nervenzellen, das Ausmaß der Schädigung wird durch die Höhe der Abhebung bestimmt. Besteht eine Netzhautablösung über mehrere Wochen, so entstehen durch weitere Umbauvorgänge zusätzliche Schädigungen an der Nervenzellschicht.

4.4.2 Endgültige Sehschärfe

Die Augen mit Makulabeteiligung hatten präoperativ im Durchschnitt eine Sehkraft von Fingerzählen (nulla lux – 0,2). Nach Operation war die Sehschärfe der Augen mit Makulabeteiligung im Durchschnitt auf 0,5 angestiegen (nulla lux – 1,0) und lag damit

drei Visusstufen unter der Sehschärfe der Augen ohne Makulabeteiligung und ebenfalls drei Visusstufen unter der Sehschärfe der Partneraugen. Drei Visusstufen bedeuten eine um die Hälfte reduzierte Sehschärfe, das heißt man muss nach Makula-Ablösung mit einer deutlich reduzierten postoperativen Sehkraft rechnen.

Für die Augen ohne Makulabeteiligung stieg die Sehschärfe von 0,5 (FZ – 1,25) um zwei Visusstufen auf 0,8 (0,063 – 1,25) bei der letzten Kontrolluntersuchung an. In unserem Patientenkollektiv war die Verbesserung der postoperativen Sehschärfe zu einem gewissen Anteil durch eine Unterschätzung der tatsächlichen Sehkraft aufgrund einer präoperativen Glaskörperblutung, einer die Makula verdeckende bullöse Netzhautablösung oder einer Linsentrübung bedingt. Ob diese Verbesserung der Sehschärfe zusätzlich auf einer Erholung der Makulafunktion beruht, kann in dieser Arbeit nicht geklärt werden. Es gibt allerdings auch bei Netzhautablösungen ohne Makulabeteiligung Hinweise auf eine Verbesserung der Makulafunktion mit einem daraus resultierenden Anstieg der Sehschärfe (Hayashi und Yamamoto 2001).

4.4.3 Sehschärfe $\geq 0,4$

Für den Patienten stellt eine Sehschärfe von $\geq 0,4$ eine wichtige Grenze dar, weil diese Sehschärfe zum Lesen notwendig ist. Von allen 89 Augen des Patientenkollektivs erreichten 76 % bei der letzten Kontrolluntersuchung eine Sehschärfe, die 0,4 oder besser war.

90% der Augen ohne Makulabeteiligung erreichten eine Sehschärfe $\geq 0,4$. Bei diesen Augen hängt die postoperative Sehschärfe vor allem von der präoperativen Sehschärfe ab. In einer großen Fallserie mit 745 Augen erreichten 69% eine Sehschärfe $\geq 0,5$ nach Plombenchirurgie (Girard und Karpouzas 1995).

Die Augen mit Makulabeteiligung erreichten nur in 65% der Fälle eine Sehschärfe $\geq 0,4$. Dieser Anteil ist vergleichbar mit zwei Studien zur visuellen Rehabilitation nach rhegmatogener Netzhautablösung mit Makulabeteiligung, die eine postoperative Sehschärfe $\geq 0,4$ bei 59% beziehungsweise 69% der Augen fanden (Ross und Kozy 1998; Ross et al. 2005). Allerdings bestand die Makulaablösung bei diesen beiden Untersuchungen höchstens sieben Tage lang.

Vergleicht man die Ergebnisse dieser Arbeit mit den Angaben aus Tabelle 11, so findet man einige Arbeiten mit vergleichbarer postoperativer Sehschärfe. Die Ergebnisse mancher Arbeiten liegen allerdings auch deutlich unter unseren Ergebnissen, so dass die erreichten funktionellen Ergebnisse dieser Arbeit als sehr positiv zu bewerten sind. Dies kann durch Unterschiede in der präoperativen Sehschärfe, der Schädigung der Makula durch Netzhautablösung und unterschiedliche primäre Wiederanlagerungen bedingt sein.

4.4.4 Zeitlicher Verlauf nach rhegmatogener Netzhautablösung

In Abbildung 7 wurde für 22 Augen der zeitliche Verlauf der Sehschärfe nach rhegmatogener Netzhautablösung und Behandlung mittels primärer Pars-plana Vitrektomie dargestellt. Dabei wurde wieder zwischen Augen ohne und mit Makulabeteiligung unterschieden.

Für die Augen ohne Makulabeteiligung erkennt man, dass die Sehschärfe nach Operation bis zur Untersuchung nach einem Jahr steigt (Abb. 7). Nach einem Jahr stabilisiert sich die Sehschärfe, nimmt aber nicht weiter zu. Die Interpretation für die stetige Verbesserung im ersten Jahr nach Operation ist schwierig, weil aus einer beschreibenden Darstellung keine Ursachen abgeleitet werden können. Nach rhegmatogener Netzhautablösung ohne Makulabeteiligung gibt es bisher kaum Veröffentlichungen zur postoperativen Veränderung der Sehschärfe im zeitlichen Verlauf. Die Verbesserung könnte zum Beispiel durch nach der primären Pars-plana Vitrektomie durchgeführten Kataraktoperationen vorgetäuscht werden. Um die Veränderungen im Verlauf für wiederholte Messungen auf statistische Signifikanz zu prüfen wäre eine komplexe Zeitreihenanalyse erforderlich, die hier nicht durchgeführt wurde. Es gibt allerdings Hinweise, dass auch bei Netzhautablösungen ohne Makulabeteiligung nach erfolgreicher Netzhautanlage eine Verbesserung der Makulafunktion möglich ist (Hayashi und Yamamoto 2001).

Im zeitlichen Verlauf der Sehschärfe für Augen mit Makulabeteiligung konnte man über den gesamten Zeitraum eine Zunahme der Sehschärfe beobachten. Besonders deutlich ist der Anstieg von der präoperativen Sehschärfe zur Kontrolle nach drei Monaten. Auch nach mehr als drei Monaten stieg die Sehschärfe weiter signifikant an. Innerhalb der ersten sechs Monate nach Wiederanlage kann mit einer raschen Steigerung der Sehschärfe gerechnet werden, danach erfolgt der Anstieg der Sehschärfe langsamer (Liem et al. 1994). In einer Langzeitanalyse des Visusverlaufs bei phaken Augen mit Makulabeteiligung nach Plombenoperation wurde für alle Patienten eine postoperative Zunahme der Sehschärfe über einen Zeitraum von drei Jahren beschrieben und in einer Subgruppe nahm die Sehschärfe sogar kontinuierlich über zehn Jahre zu (Kusaka et al. 1998). Im Vergleich zur Gruppe ohne Makulabeteiligung ist die Zunahme der Sehschärfe in der Gruppe mit Makulabeteiligung im ersten Jahr deutlicher ausgeprägt und nimmt auch noch nach einem Jahr weiter zu.

4.4.5 Schwachpunkte der Sehschärfebestimmung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Sehschärfe der Patienten systematisch unterschätzt. Dies lag zum einen an den Projektoren, mit denen zwischen 0,1 und 0,2

zwei Visusstufen nicht getestet werden konnten. Patienten mit einer Sehschärfe von 0,125 oder 0,16 wurden daher immer der Visusstufe von 0,1 zugeordnet. Weiterhin konnten auch die Visusstufen von 0,25, 0,32 und 0,63 nicht geprüft werden. Patienten, die eine Sehschärfe von 0,3 erreichten, wurde die nächst niedrigere Visustufe von 0,25 zugeordnet. Entsprechend wurde einer gemessenen Sehschärfe von 0,6 der Visus 0,5 zugeordnet.

Das wissenschaftlich korrekte Abbruchkriterium besagt, dass die Sehschärfeprüfung zu beenden ist, wenn weniger als fünf von acht Sehzeichen richtig erkannt werden. Da wir pro Visusstufe nur vier Sehzeichen testen konnten, wurde die Bestimmung der Sehschärfe abgebrochen, wenn weniger als drei von vier Zahlen gelesen werden konnten. Dies ist ein etwas höheres Abbruchkriterium und führt somit zu schlechteren Visusergebnissen.

Viele Untersucher gaben Werte wie 0,8p an. Diese Angabe wurde regelmäßig als 0,63 beziehungsweise Visusstufe 18 registriert, da nicht nachzuvollziehen ist was mit der Abkürzung p für partiell gemeint war.

4.4.6 Zusammenfassung

Der Patient beurteilt den postoperativen Erfolg der Operation vor allem anhand seiner erreichten Sehschärfe. Deshalb ist zur Beurteilung der Sehschärfe nach Operation ein intraindividueller Vergleich zwischen präoperativer und postoperativer Sehschärfe sinnvoll. Eine Veränderung der Sehschärfe um zwei oder mehr Visusstufen wird als signifikante Änderung angesehen. Die Auswertung unter diesem Gesichtspunkt zeigte, dass alle Augen mit Makulabeteiligung ihre präoperative Sehschärfe beibehalten oder verbessern konnten (Abb. 7). Eine gegenüber der Aufnahme geringere Sehschärfe hatten fünf Augen ohne Makulabeteiligung (12,2%). Dabei verschlechterte sich die Sehschärfe nur bei drei Augen (7,4%) um mehr als eine Visusstufe. Insgesamt ergibt sich bezüglich der postoperativen Sehschärfe eine hervorragende Erfolgsquote. Wir führen dies in erster Linie auf die hohe primäre Wiederanlagerate zurück, denn eine Verschlechterung der Sehschärfe gegenüber dem präoperativen Befund trat nur bei Augen mit erneuter Netzhautablösung auf.

Der Patient beurteilt den Erfolg seiner Augenoperation an der Verbesserung nach der Operation, sondern auch an der absolut erreichten Sehschärfe. Hier ist die Fähigkeit mit dem Auge lesen zu können eine wichtige Grenze, dazu wird eine Sehschärfe $\geq 0,4$ benötigt. Die Augen ohne Makulabeteiligung erreichten die Sehschärfe ihrer Partneraugen und in 90% war ihre Sehschärfe $\geq 0,4$. Dies ist eine äußerst bemerkenswerte Erfolgsrate. Nach der Operation stieg die Sehschärfe für Augen mit Makulabeteiligung kontinuierlich bis zur letzten Kontrolluntersuchung nach ≥ 24

Monaten an. Sie erreichten letztendlich aber nur die Hälfte der Sehschärfe bezogen auf ihre Partneraugen und bezogen auf die Augen ohne Makulabeteiligung. In 65% lag ihre Sehschärfe bei 0,4 oder darüber. Der Grund liegt in der durch die Netzhautablösung verursachten irreversiblen Schädigung der Nervenzellen, deren Ausmaß vor allem von der Höhe der Netzhautablösung abhängt. Trotzdem ist der Anteil von 65% noch höher als in den meisten bisher veröffentlichten Arbeiten.

Eine Analyse der Ursachen für Veränderungen der Sehschärfe über die Zeit nach rhegmatogener Netzhautablösung ist komplex. Im Rahmen dieses retropektiven Studiendesigns war dies nicht möglich und wir konnten nur den zeitlichen Verlauf der Sehschärfe unseres Patientenkollektivs beschreiben, welcher eine Vielzahl möglicher Verzerrungen beinhaltet. Trotzdem gibt es für alle operierten Augen die interessante Beobachtung einer stetig steigenden Sehschärfe über einen langen Zeitraum. Sogar die Augen ohne Makulabeteiligung konnten ihre Sehschärfe im ersten Jahr nach der Operation verbessern, danach blieb ihre Sehschärfe konstant. Für die Augen mit Makulabeteiligung wurde selbst über mehr als 24 Monate ein kontinuierlicher Anstieg der postoperativen Sehschärfe beobachtet.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Ergebnisse für alle Augen bezüglich der postoperativen Sehschärfe sehr gut waren, weil eine Verschlechterung gegenüber der präoperativen Sehschärfe kaum vorkam. Hierfür ist in erster Linie die hohe primäre Erfolgsrate für die Netzhautanlage verantwortlich.

4.5 Ultrastrukturelle Veränderungen der Makula

4.5.1 Morphologie

Dies ist die erste uns bekannte Untersuchung, die ultrastrukturelle Veränderungen der Makula nach einem so langen postoperativen Intervall beschreibt. In den meisten Fällen stellte sich die Makula (64%) morphologisch unauffällig dar. Hier lagen keine Verformungen der Netzhaut vor, es gab keine Veränderungen des Oberflächenprofils der Netzhaut und die physiologische Schichtung der Netzhaut war durchgängig zu erkennen. Lag ein morphologisch unauffälliger Befund der Makula vor, konnte man anhand der Schnittbilder nicht entscheiden, welches das operierte Auge und welches das Partnerauge war. Auch bezüglich einer Makulabeteiligung konnte keine Aussage getroffen werden (Abb. 11). Da sich nach der Behandlung keine morphologischen Unterschiede bei Augen ohne Makulabeteiligung und Augen mit Makulabeteiligung zeigten, konnte aus der Netzhautmorphologie auch nicht auf die Sehschärfe des Auges geschlossen werden (Abb. 11).

Der auffälligste pathologische Befund war eine epiretinale Gliose. Dieser Befund ließ sich im Rahmen der zusätzlichen Kontrolluntersuchung bei sieben von 42 Augen (19,0%) darstellen (Abb. 8 b und Abb. 9). Etwa die Hälfte der Patienten mit epiretinale Gliose gaben keine Symptome an. Weitere pathologische Befunde waren ein Makulaödem und ein Makulaforamen bei jeweils einem Auge (1,1%). 7% der Augen zeigten morphologische Veränderungen, die auf ihre bereits präoperativ bestehende hohe Achsenmyopie zurückgeführt werden konnten.

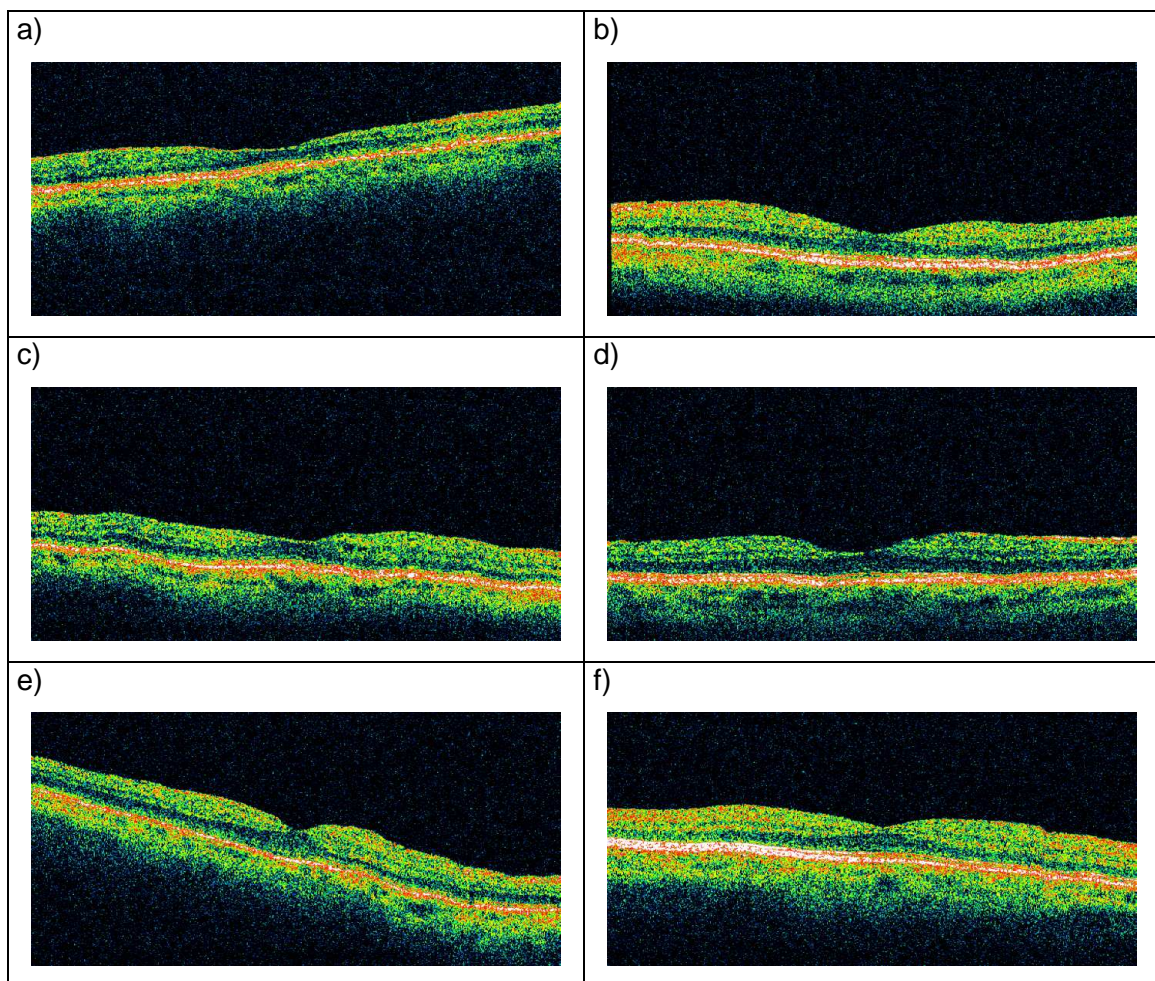


Abb. 11: Normale Morphologie der Makula mit unterschiedlicher Sehschärfe

- a) 8 Monate nach Netzhautablösung mit Makulabeteiligung, Sehschärfe 0,32
- b) 11 Monate nach Netzhautablösung ohne Makulabeteiligung, Sehschärfe 1,25
- c) 11 Monate nach Netzhautablösung mit Makulabeteiligung, Sehschärfe 0,8
- d) 15 Monate nach Netzhautablösung ohne Makulabeteiligung, Sehschärfe 0,8
- e) 28 Monate nach Netzhautablösung mit Makulabeteiligung, Sehschärfe 0,5
- f) 37 Monate nach Netzhautablösung ohne Makulabeteiligung, Sehschärfe 0,5

Zurzeit wird in der Literatur ein weiterer morphologischer OCT-Befund diskutiert. Es handelt sich hierbei um subretinale Flüssigkeit im Bereich der Fovea. Manche Autoren sprechen auch von Foveaablösung. Diese subfoveale Flüssigkeit kann klinisch und angiographisch nicht dargestellt werden. Zuerst wurde sie nach Plombenoperation bei Augen mit Makulabeteiligung beobachtet. Dadurch wurde eine inkomplette visuelle Rehabilitation erklärt (Hagimura et al. 2002; Wolfensberger und Gonvers 2002). Mittlerweile wurde die subfoveale Flüssigkeitsansammlung auch nach Vitrektomie beobachtet und für Augen ohne Makulabeteiligung beschrieben (Gibran et al. 2005). Ein Monat nach erfolgreicher Netzhautanlage wurde die subfoveale Flüssigkeit in 47-69% beobachtet (Hagimura et al. 2002; Wolfensberger und Gonvers 2002; Gibran et al. 2005). Die Ätiologie sowie die klinische Bedeutung dieser weit verbreiteten Beobachtung ist unklar. Viele Autoren sehen in der subfovealen Flüssigkeit eine Assoziation mit reduzierter Sehschärfe. Im Gegensatz zu diesen Literaturangaben konnten wir die subfoveale Flüssigkeit mit der optischen Kohärenztomographie in keinem Fall beobachten. Wir führen dies in erster Linie darauf zurück, dass unsere OCT-Untersuchung nach einem langen postoperativen Intervall durchgeführt wurde. Alle Patienten wurden frühestens 8 Monate nach der Operation untersucht. 34 von 42 Augen (81,0%) hatten einen Nachbeobachtungszeitraum von mehr als 12 Monaten. Bisher konnte die subfoveale Flüssigkeit nach mehr als 12 Monaten nicht nachgewiesen werden (Hagimura et al. 2002; Wolfensberger und Gonvers 2002; Gibran et al. 2005). Wie oben schon beschrieben ist die Bedeutung dieses Phänomens für die letztendlich erreichte Sehschärfe unklar.

Die interessanteste Beobachtung war, dass die optische Kohärenztomographie bei vielen der untersuchten Augen eine subklinische epiretinale Gliose aufdecken konnte. Insgesamt zeigten 9% aller Augen im Studienkollektiv nach der Operation eine epiretinale Gliose. Die optische Kohärenztomographie konnte nicht bei allen Studienaugen durchgeführt werden, aber bei den untersuchten Augen zeigte sich bei immerhin 19% der Augen eine epiretinale Gliose. Daher nehmen wir an, dass die Rate an epiretinaler Gliose von 9% für das Gesamtkollektiv eine deutliche Unterschätzung dieser Komplikation darstellt. Diese Beobachtung ist für weitere Studien wertvoll, die zum Beispiel die Risikofaktoren für die Entstehung von epiretinalen Membranen untersuchen. Hier sollte die optische Kohärenztomographie als Außenkriterium eingesetzt werden. Der klinische Wert einer OCT-Untersuchung liegt in der Klärung der Ursache bei nicht vollständiger visueller Rehabilitation nach Netzhautablösung, wenn die Sehschärfe hinter der Erwartung zurückbleibt und klinisch keine Makulapathologie erkannt werden kann.

4.5.2 Quantitative Analyse

Mit der zurzeit erhältlichen neuesten Generation der optischen Kohärenztomographie (Carl Zeiss, Stratus OCT Model 3000) können krankheitsbedingte Veränderungen der Netzhautdicke objektiv dargestellt werden und fortschreitende Veränderungen über die Zeit beobachtet werden (Shahidi et al. 2005). Für die Analyse von Netzhautdicken und Netzhautvolumina bestimmten wir zunächst die interindividuellen und intraindividuellen Unterschiede zwischen beiden gesunden Augen einer Kontrollgruppe. Dabei zeigten sich relativ große Unterschiede für Netzhautdicken und Netzhautvolumina zwischen den einzelnen Kontrollpersonen (Tabelle 10 a). Zwischen dem rechten und linken Auge einer Kontrollperson gab es keine Unterschiede (Tabelle 10 b). Daher entschlossen wir uns dazu, die quantitativen Unterschiede zwischen morphologisch unauffälligen operierten Augen und Partneraugen zu untersuchen. Die operierten Augen teilten wir in zwei Gruppen in Abhängigkeit von ihrer Makulabeteiligung auf.

Die Augen ohne Makulabeteiligung zeigten eine einheitliche Zunahme der Netzhautdicke am operierten Auge. Die dünnste Stelle der Fovea war 11,4%, das Foveavolumen 10,4% und das Makulavolumen 5,9% größer als am Partnerauge (Abb. 10 und Tabelle 11). Bedenkt man, welche geringe Unterschiede zwischen den beiden gesunden Augen einer Person gemessen wurden, so zeigten sich hier eindeutige Tendenzen. Aufgrund der geringen Zahl der untersuchten Augen konnte keine statistische Signifikanz erreicht werden. Diese Befunde werden auf intraretinale Proliferation nichtneuroner Zellen im Rahmen regenerativer Prozesse nach Netzhautablösung zurückgeführt, ein zystisches Makulaödem konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Dicken- und Volumenzunahme der Netzhaut ließ sich bei Augen mit Makulabeteiligung nicht für alle Bereiche der Makula nachweisen. Die dünnste Stelle der Fovea war am operierten Auge 8,2% niedriger als am jeweiligen Partnerauge (Abb. 10 und Tabelle 11). Bezüglich des Foveavolumens unterschieden sich Augen mit Makulabeteiligung nicht von ihren Partneraugen (Abb. 10 und Tabelle 11). Allerdings war das Makulavolumen mit 7,2% deutlich höher als an den Partneraugen.

Intraretinale Proliferation nach Netzhautablösung wurde vor einiger Zeit mit Hilfe von H_3 -Thymidin an Katzenaugen nachgewiesen (Fisher et al. 1991). Diese Untersuchung zeigte, dass alle nichtneuronalen Zelltypen der Netzhaut an der Proliferationsantwort teilnehmen können und dass diese Proliferation kurze Zeit nach der Netzhautablösung beginnt. Auch in Regionen anliegender Netzhaut konnte eine leichte Proliferation gefunden werden. Diese proliferative Antwort könnte der Beginn der Entwicklung zu einer proliferativen Vitreoretinopathie sein. Viele Mediatoren und Zellen sind daran beteiligt. Es wird angenommen, dass der Sinn der Mediatorausschüttung in der

Protektion neuronaler Zellen begründet ist (Kubay et al. 2005). Über den zeitlichen Verlauf dieser Vorgänge konnten in dieser Arbeit keine Aussagen getroffen werden, da die Patienten nur einmal untersucht wurden. Auch die Lokalisation der Proliferation innerhalb der Netzhaut konnten in dieser Arbeit nicht analysiert werden. Mit anderen Algorithmen zur Auswertung der OCT-Schnittbilder oder mit ultrahochauflösender optischen Kohärenztomographie wird in Zukunft vielleicht die Beobachtung von Veränderungen einzelner Netzhautschichten möglich (Shahidi et al. 2005). Die Verdünnung der Netzhaut bei Augen mit Makulabeteiligung im Bereich der Fovea führen wir auf den Verlust von Photorezeptoren und die Verkürzung der Außensegmente der Photorezeptoren zurück.

Die optische Kohärenztomographie ermöglicht die Beschreibung von Veränderungen der Netzhautdicke. Dabei zeigte sich überraschenderweise am operierten Auge nach Netzhautablösung ohne Makulabeteiligung ein Trend zur Verdickung der Netzhaut, der allerdings statistisch nicht signifikant war. Anscheinend findet vermittelt durch Wachstumsfaktoren hier eine regeneratorsche Proliferation statt. Zur Klärung dieses Trends müssten weitere Untersuchungen mit größeren Patientenzahlen durchgeführt werden. Interessant wäre die Klärung der Frage, über welchen Zeitraum sich diese Veränderungen abspielen und in welchen Netzhautschichten diese Veränderung stattfinden. Für die Gruppe der Augen mit Makulabeteiligung vermuten wir als Ursache für die Verdünnung im Bereich der Fovea den Verlust von Photorezeptoren und die Verkürzung von Außensegmenten der Photorezeptoren. Außerhalb der Fovea zeigte sich in dieser Gruppe ebenfalls eine größere Netzhautdicke und wir würden vermuten, dass sich in diesem Bereich der Photorezeptorenverlust geringer auswirkt als die regeneratorsche Proliferation.

4.6 Linsenstatus

4.6.1 Pseudophakieablatio

In unserem Patientenkollektiv sind 52,8% aller rhegmatogenen Netzhautablösungen so genannte Pseudophakieablationen. Pseudophakie ist neben einer Myopie ein wichtiger Risikofaktor für rhegmatogene Netzhautablösungen. Die Inzidenz für rhegmatogene Netzhautablösung nach Kataraktoperation wird allgemein auf 0,6-1,7% geschätzt (Lois und Wong 2003). Demgegenüber beträgt die Inzidenz für rhegmatogene Netzhautablösung in der Normalbevölkerung 0,006% - 0,017% pro Jahr (Haimann et al. 1982). 10 Jahre nach Kataraktoperation ist das Risiko für eine rhegmatogene Netzhautablösung immer noch 5,5fach erhöht (Rowe et al. 1999). Für die extrakapsuläre Operationstechnik nimmt man ein geringeres Risiko als für die

intrakapsuläre Technik an. Nach intrakapsulärer Kataraktextraktion erleiden etwas mehr als 2% der operierten Patienten eine rhegmatogene Netzhautablösung (Scheie et al. 1973), nach Kernexpression 1% (Coonan et al. 1985) und nach Phakoemulsifikation 0,4% (Olsen und Olson 2000). Bestimmte Subgruppen von pseudophaken Augen weisen eine höhere Inzidenz für rhegmatogene Netzhautablösung nach Kataraktoperation auf. Diese zusätzlichen Risikofaktoren für rhegmatogene Netzhautablösung nach Kataraktoperation kann man in präoperative, intraoperative und postoperative unterteilen.

Zu den bekannten präoperativen Risikofaktoren zählen männliches Geschlecht, Myopie, rhegmatogene Netzhautablösung am Partnerauge in der Vorgeschichte und Kataraktoperation bei jungen Patienten. Intraoperative Risikofaktoren sind Aphakie, Glaskörperverlust und hintere Kapselruptur. Bei aphaken Augen beobachtet man rhegmatogene Netzhautablösungen in 3% der Fälle (Norregaard et al. 1996). Man geht davon aus, dass ein Glaskörperverlust im Rahmen einer vorderen Vitrektomie das Risiko für eine Netzhautablösung auf das 5fache erhöht, das heißt 5% dieser Patienten erleiden eine Netzhautablösung (Javitt et al. 1991). Nach einer Ruptur der hinteren Kapsel wird sogar ein 13fach erhöhtes Risiko angegeben (Tielsch et al. 1996). Die Nd:YAG-Kapsulotomie ist der einzige bisher bekannte postoperative Risikofaktor. Eine Trübung der Hinterkapsel ist die häufigste Komplikation nach extrakapsulärer Kataraktoperation und tritt in bis zu 50% der Fälle auf. Für die extrakapsuläre Kataraktextraktion mit nachfolgender Nd:YAG-Kapsulotomie wurde ein relatives Risiko von 3,9 für rhegmatogene Netzhautablösungen errechnet und diese traten bei 3% der so behandelten Patienten auf (Javitt et al. 1992).

In unserem Patientenkollektiv war der Anteil der pseudophaken Augen hoch. Im Gesamtkollektiv aller Augen mit rhegmatogener Netzhautablösung liegt dieser Anteil niedriger. Weiterhin war die hintere Kapsel nur bei 38% intakt. Von den pseudophaken Augen hatten 21% eine hintere Kapselruptur während der Kataraktoperation und 69% hatten eine Nd:YAG-Kapsulotomie nach der Kataraktoperation. Obwohl das Risiko für eine Netzhautablösung nach hinterer Kapselruptur höher angegeben wird als für die Nd:YAG-Kapsulotomie, finden wir mehr Augen mit Nd:YAG-Kapsulotomie als Augen mit hinterer Kapselruptur. Hier wird deutlich, dass nicht nur das Risiko alleine für die Anzahl entscheidend ist, sondern auch wie viele Augen diesem Risiko ausgesetzt sind. Eine Nd:YAG-Kapsulotomie wird bei bis zu 50% der Patienten nach Kataraktoperation durchgeführt. Dagegen kommt es nur bei etwa 1% der Patienten während der Kataraktoperation zu einer hinteren Kapselruptur.

Im Patientenkollektiv mit rhegmatogener Netzhautablösung lag der Anteil der Patienten nach Kataraktoperation 1982 bei 40% (Haimann et al. 1982). Damals wurde noch

häufiger eine intrakapsuläre Kataraktextraktion durchgeführt. Dieser Operationstechnik wird ein höheres Risiko für eine Netzhautkomplikation nachgesagt, als der heute verwendeten extrakapsulären Linsenextraktion. Trotzdem dürfte der Anteil pseudophaker Patienten heute etwa so groß sein, wie 1982. Zum einen werden zunehmend mehr Patienten an der Katarakt operiert. Andererseits stellt die Nd:YAG-Kapsulotomie einen zusätzlichen Risikofaktor dar und diese wird bei bis zu 50% der extrakapsulär operierten Patienten durchgeführt. In unserem Patientenkollektiv ist der Anteil der pseudophaken Augen mit 52,8% höher. Dies liegt an der Patientenselektion in unserem Patientenkollektiv, weil bei Pseudophakieablationen eher die Indikation für eine Pars-plana Vitrektomie gestellt wurde.

4.6.2 Cataracta complicata

Die natürliche Linse reagiert nach einer Vitrektomie auf eine akute und auf eine chronische Art. Kurz nach der Vitrektomie ist eine zum Teil temporäre hintere subkapsuläre Katarakt zu sehen, gefolgt von einer dauerhaften nukleären Linsentrübung (Hsuan et al. 2001). Die Induktion einer nukleären Katarakt durch eine Pars-plana Vitrektomie tritt sehr regelmäßig auf und wird in bis zu 92% beschrieben (Scott et al. 2003). Die Pathogenese und die Umstände unter welchen es zu dieser Cataracta complicata kommt sind bisher nicht endgültig geklärt (Panozzo und Parolini 2004). Allerdings kommt es bei Verflüssigung des Glaskörpers auch zu einer nukleären Katarakt. Daher nimmt man einen veränderten Metabolismus durch die veränderte Interaktion zwischen Glaskörper und Linse an. Das Alter zum Zeitpunkt der Pars-plana Vitrektomie hat einen entscheidenden Einfluss. Man geht davon aus, dass es bei Patienten unter 50 Jahre signifikant seltener zu einer Katarakt nach Pars-plana Vitrektomie kommt (Ogura et al. 1991; Melberg und Thomas 1995). Der Gastamponade wird ebenfalls eine Bedeutung für die Entstehung einer nukleären Katarakt zugeschrieben (Thompson 2004). In unserem Patientenkollektiv wurde bei 21 phaken Augen die Indikation zur Vitrektomie in Kombination mit einer Kataraktoperation nicht gestellt. Nur fünf dieser postoperativ phaken Augen wurden nicht an einer Cataracta complicata operiert. Diese Patienten waren zum Zeitpunkt der Pars-plana Vitrektomie zwischen 31,0 und 44,0 Jahren alt und somit alle jünger als 50 Jahre. Der Mittelwert lag bei 37,7 Jahren (+/- 4,6). Alle 16 Patienten, die postoperativ an einer Cataracta complicata operiert wurden waren zum Zeitpunkt der Vitrektomie zwischen 59,0 und 74,5 Jahren alt. Der Mittelwert lag bei 63,7 Jahren (+/- 3,9). Bei den 17 Patienten mit kombinierter Vitrektomie und Kataraktoperation wurde die Indikation aufgrund des Alters der Patienten und der damit verbundenen hohen Wahrscheinlichkeit einer postoperativen Kataraktentwicklung gestellt. Diese Patienten

waren zum Zeitpunkt der Vitrektomie zwischen 50,5 und 79,8 Jahren alt mit einem Mittelwert von 65,2 Jahren ($\pm 8,1$). Damit hatten diese Patienten das höchste Durchschnittsalter und kein Patient war jünger als 50 Jahre. Diesen Patienten wurde dadurch eine zusätzliche Kataraktoperation erspart.

Im Verlauf hat die Zahl der pseudophaken Augen ständig zugenommen, während die Zahl der aphaken Augen konstant geblieben ist (Abb.12). Am Ende der Nachbeobachtung waren 89% aller Augen pseudophak, lediglich 6% hatten noch ihre natürliche Linse.

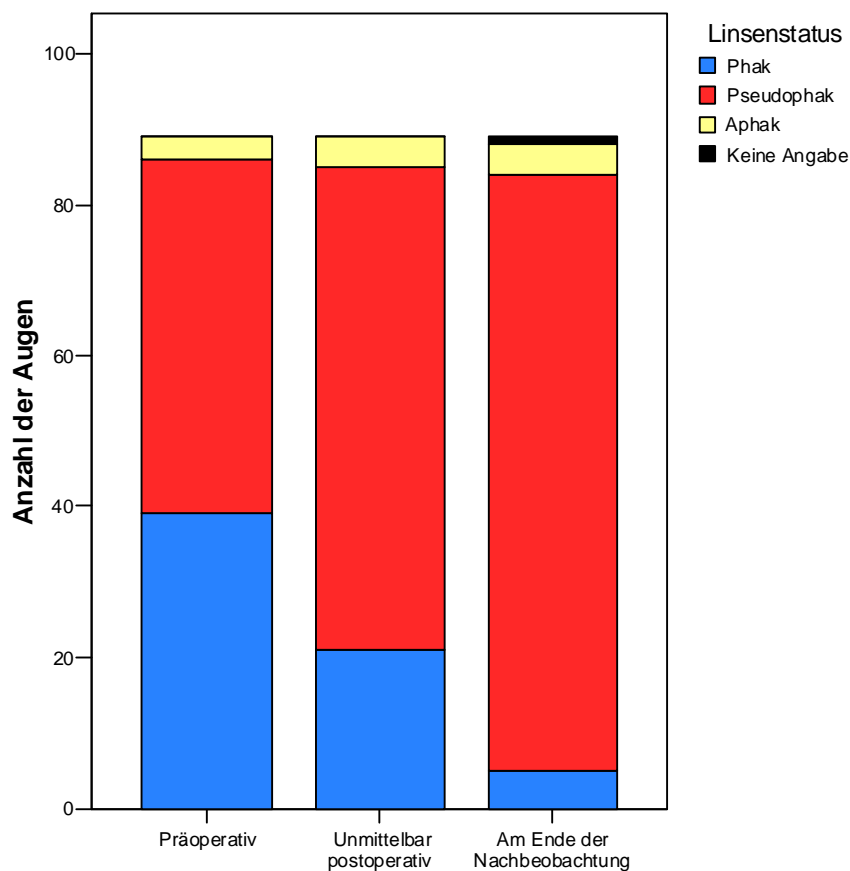


Abb. 12: Linsenstatus im Verlauf

4.7 Komplikationen

Die wichtigsten Komplikationen, die sich auf die Langzeitergebnisse auswirken sind erneute Netzhautablösungen, Entwicklung proliferativer Vitreoretinopathie und epiretinaler Membranen, Ausbildung einer Cataracta complicata und zystoides Makulaödem. Weitere Komplikationen sind Makulaforamen Sekundärglaukom, Synechien und Perfluorcarbonretention. Die erneuten Netzhautablösungen und die Cataracta complicata wurden bereits besprochen.

4.7.1 Proliferative Vitreoretinopathie

Die proliferative Vitreoretinopathie ist eine Komplikation, die im Rahmen rhegmatogener Netzhautablösungen und perforierender Augenverletzungen relativ häufig entsteht. Sie tritt nach Netzhautablösungen in etwa 5-10% auf (Charteris 1995). Klinisch ist sie durch die Bildung kontraktiler periretinaler Membranen charakterisiert. Allerdings braucht sie zur Ausbildung einige Zeit, in manchen Fällen bis zu 4 Wochen. Pathophysiologisch kann die proliferative Vitreoretinopathie als überschießender Wundheilungsprozeß eines spezialisierten Gewebes angesehen werden (Weller et al. 1990). Bisher blieb die genaue Rolle der einzelnen Zellen und Wachstumsfaktoren in der Pathophysiologie unklar. Es scheint ein komplexes Netzwerk verschiedener Wachstumsfaktoren in unterschiedlichen Stadien der proliferativen Vitreoretinopathie zu geben. Die Identifikation klinischer Risikofaktoren wird schon seit 20 Jahren versucht (Bonnet 1984; Girard et al. 1994; Grizzard et al. 1994; Nagasaki et al. 1998). Trotzdem sind die klinisch relevanten Risikofaktoren bis heute nicht identifiziert und die bisherigen Ergebnisse der Autoren sind teilweise gegensätzlich. Dies liegt vor allem daran, dass sich die meisten Autoren auf einzelne Aspekte der proliferativen Vitreoretinopathie und auf die Analyse einzelner Risikofaktoren konzentrierten. Dabei wurden die multifaktorielle Genese und die komplexe Pathobiologie der proliferativen Vitreoretinopathie nicht berücksichtigt.

Der Anteil präoperativer proliferativer Vitreoretinopathie im Stadium C war in unserem Patientenkollektiv mit 20% hoch. Dies war durch die Patientenselektion aufgrund der Indikationsstellung für die primäre Pars-plana Vitrektomie bedingt. Obwohl die präoperative proliferative Vitreoretinopathie einen entscheidenden Risikofaktor darstellt (Kon et al. 2000), war die Rate postoperativer proliferativer Vitreoretinopathie mit 3,4% gering. Manche Autoren fanden bei einem vergleichbaren Patientenkollektiv in 19% der Fälle eine proliferative Vitreoretinopathie nach Vitrektomie (Hoing et al. 1995). Die Häufigkeit von 3,4% für eine proliferative Vitreoretinopathie nach Vitrektomie in dieser Arbeit ist eher mit den 4% beziehungsweise 3,8% für Patientenkollektive ohne präoperative proliferative Vitreoretinopathie vergleichbar (Richardson et al. 2000; Miki et al. 2001). Die Ursache liegt wahrscheinlich in unterschiedlich zusammengesetzten Patientenkollektiven sowie in den zunehmenden Verbesserungen der Operationstechnik. Weiterhin sagt das Klassifikationsschema der Retina Society von 1991 (Machemer et al. 1991) nichts über die Stärke der Traktionskräfte aus. Augen mit massivster Traktion aufgrund einer proliferativen Vitreoretinopathie im Stadium C kamen in dem hier untersuchten Patientenkollektiv nicht vor, weil diese Augen mit einer Vitrektomie, Silikonölandotamponade und Cerclage behandelt wurden.

Ein weiterer wichtiger Befund war die Beobachtung, dass die postoperative proliferative Vitreoretinopathie mit einer erneuten Vitrektomie erfolgreich behandelt werden konnte. Die proliferative Vitreoretinopathie ist zwar ein Hauptgrund für primären Misserfolg, scheint aber kein signifikant negatives Kriterium für eine erfolgreiche dauerhafte Wiederanlage darzustellen.

4.7.2 Epiretinale Gliose

Epiretinale Membranen im Bereich der Makula entstehen idiopathisch oder sekundär und können die Sehschärfe beeinträchtigen. Für die idiopathische Form wird bei über 50jährigen eine Prävalenz von 6,4% beschrieben (Pearlstone 1985). Die Klinik der epiretinalen Gliose schreitet im Allgemeinen sehr langsam fort und nur eine visusrelevante Gliose benötigt eine Therapie. Nach Behandlung rhegmatogener Netzhautablösungen entsteht eine epiretinale Gliose häufig. In aktuellen Veröffentlichungen wurde die Häufigkeit mit 22% angegeben (Heimann et al. 2005; Ahmadiet al. 2005). Leider wurde keine Aussage über das klinische Erscheinungsbild und über die Häufigkeit einer Behandlung mit Vitrektomie getroffen. Es wurden viele Prädiktoren für eine epiretinale Gliose beschrieben, unter anderem auch eine Makulabeteiligung und das Patientenalter (Francois und Verbraeken 1979). Weiterhin nimmt man wie für die proliferative Vitreoretinopathie an, dass eine epiretinale Gliose bei pseudophaken und aphaken Augen häufiger vorkommt (Cox et al. 1995). Die einzige Therapiemöglichkeit besteht in der Entfernung der Membran im Rahmen einer Vitrektomie. Diese führt man in der Regel erst durch, wenn der Patient sich beeinträchtigt fühlt oder wenn eine Verbesserung der Sehkraft erwartet werden kann. Die Morphologie der Makula bleibt nach Entfernung der epiretinalen Membran meist pathologisch verändert (Abb. 13).

Besonders auffällig war die Beobachtung, dass die epiretinale Gliose im postoperativen Verlauf fast ausschließlich bei Augen mit Makulabeteiligung auftrat. Nur bei einem Auge ohne Makulabeteiligung (2%) fand sich eine epiretinale Membran. Hingegen wurde bei 7 Augen mit Makulabeteiligung (17%) eine epiretinale Gliose beobachtet. Unsere Arbeit zeigte eine epiretinale Gliose im postoperativen Verlauf für 9% aller Augen (Tabelle 8). Die Patienten waren zwischen 52 und 74 Jahren alt (Tabelle 9) und 4 Augen waren bereits vor der Netzhautablösung pseudophak. Die drei phaken Augen wurden unmittelbar oder kurz nach der Vitrektomie an einer Katarakt operiert. Bei den untersuchten Patienten konnte mit der optischen Kohärenztomographie bei 19% der Augen ein Macular pucker nachgewiesen werden. In 50% (4 von 8 Augen) fand sich eine klinisch unauffällige epiretinale Gliose und bei 3 von 8 Augen (38%) wäre die Diagnose ohne optische Kohärenztomographie nicht gestellt worden. Es ist daher

anzunehmen, dass diese Komplikation im gesamten Patientenkollektiv bei mehr als 9% der Augen vorkam, zumal ohne die optische Kohärenztomographie eine Rate von 6% beobachtet worden wäre.

Die epiretinale Gliose nach Netzhautablösung konnte mit der optischen Kohärenztomographie bei 20% aller untersuchten Augen beobachtet werden und wir nehmen an, dass sich die Häufigkeit der epiretinalen Gliose für das gesamte Patientenkollektiv in der gleichen Größenordnung finden würde. Außerdem wurde sie mit 17% gegenüber 2% deutlich häufiger bei Augen mit Makulabeteiligung diagnostiziert. Eine differenzierte Beschreibung in Abhängigkeit der Makulabeteiligung scheint daher sinnvoll. Obwohl die genaue Ursache der epiretinalen Gliose nicht geklärt ist, könnte man sich vorstellen, dass ein lokaler Proliferationsreiz bei Beteiligung der Makula stärker ausgeprägt ist und dadurch eine epiretinale Proliferation entsteht. Dies ist allerdings nur eine Hypothese und müsste in weiteren Arbeiten genauer geprüft werden.

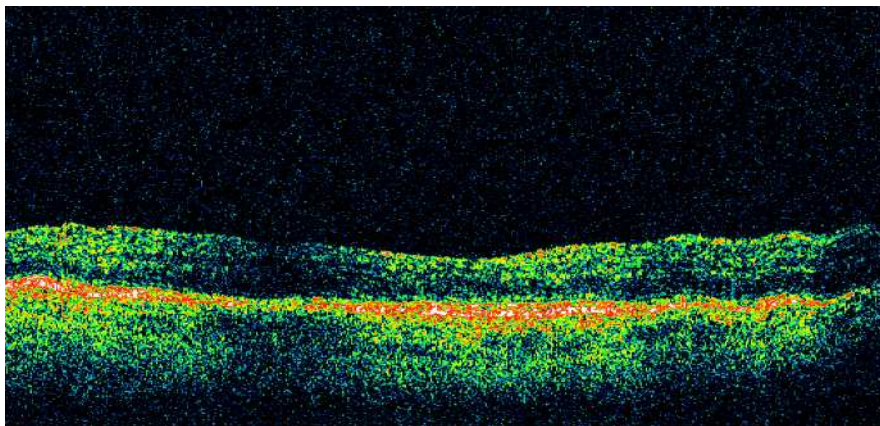


Abb. 13: Morphologie der Makula nach Entfernung einer epiretinalen Membran

Fehlende foveale Depression 50 Monate nach primärer Vitrektomie mit Entfernung einer epiretinalen Makulamembran, aktuelle Sehschärfe 0,5

4.7.3 Weitere Komplikationen

Ein zystoides Makulaödem wurde bei einem Auge (1,1%) mit der optischen Kohärenztomographie 18 Monate nach Operation diagnostiziert. In einer aktuellen Arbeit beschreibt der Autor nach primärer Pars-plana Vitrektomie bei rhegmatogener Netzhautablösung ein zystoides Makulaödem ein Monat nach Operation bei 16% der Augen (Ahmadiet al. 2005). Wir führen die niedrigere Rate an zystoidem Makulaödem in unserem Patientenkollektiv auf den langen Nachbeobachtungszeitraum

zurück. Der gleiche Autor beobachtete im Rahmen seiner Kontrolluntersuchungen nach sechs Monaten nur noch bei 9% der Augen ein zystoides Makulaödem (Ahmadieh et al. 2005) und im weiteren Verlauf war ein zytoides Makulaödem noch seltener zu beobachten.

Bei 4,5% aller Augen wurde während der Nachbeobachtung ein Sekundärglaukom diagnostiziert. Die Ursache für die Diagnose Sekundärglaukom könnten „ghost cells“ sein (Campbell et al. 1976) oder es bestand bereits vor der rhegmatogenen Netzhautablösung ein nicht diagnostiziertes primäres Offenwinkelglaukom. Patienten mit primär chronischem Offenwinkelglaukom haben ein erhöhtes Risiko für rhegmatogene Netzhautablösungen (Phelps und Burton 1977). Eine temporäre okuläre Hypertension wurde bei 9% der Augen beobachtet. Sie stellte eine der häufigsten Komplikationen dar, konnte aber in allen Fällen medikamentös erfolgreich behandelt werden. Durch die temporäre okuläre Hypertension sind keine Langzeitschäden zu erwarten. Eine extreme Erhöhung des Augeninnendrucks zum Beispiel durch eine falsche Gasmischung muss allerdings sofort erkannt werden, da sie durch eine Unterbrechung der Netzhautperfusion zur Erblindung führen kann.

Bei einem Auge (1,1%) wurde bei der Kontrolluntersuchung ein Makulaforamen festgestellt (Abb. 8 d). Ein Makulaforamen ist eine seltene Komplikation nach Vitrektomie. Dieser Patient hatte in der Vorgeschichte ein Trauma am betroffenen Auge erlitten. Es besteht daher die Möglichkeit, dass dieses Makulaforamen traumatisch bedingt war. Es könnte bereits zum Zeitpunkt der Netzhautablösung bestanden haben und nicht in der Akte dokumentiert worden sein.

4.8 Statistische Wertigkeit einer deskriptiven Fallserie

Nach dem System des „U.S. Preventive Task Force“ von 1996 für die Stärke einer Empfehlung und die Qualität eines Beweises wird deskriptiven Studien ein „quality of evidence level“ von III zugeordnet. Level III repräsentiert die niedrigste Stufe und level I erreichen kontrollierte klinische Studien. Der Informationsgewinn deskriptiver Studien ist auf Grund des Studiendesigns limitiert. Das Ziel deskriptiver Studien ist es, die Befunde einer Gruppe von Fällen festzusetzen und zu beschreiben. Kausale Zusammenhänge können nicht bewiesen werden und Schlussfolgerungen bezüglich Einflussfaktoren sollten nicht gezogen werden. Diese Studien haben ihren Wert in der Generierung von Hypothesen und können eine Basis für spätere beobachtende Studien oder klinische Studien bilden. Ihre Vorteile liegen darin, dass die Daten oft schon vorhanden oder leicht zugänglich sind und statistische Analysen wegen des Fehlens einer Kontrollgruppe nicht notwendig sind. Für deskriptive Studien sind die Kosten gering und ethische Probleme treten kaum auf. Die Nachteile deskriptiver

Studien umfassen den geringen Informationsgewinn, sowie einen hohen Verlust von Studienpatienten während der Nachbeobachtung und Verzerrungen auf Grund unterschiedlicher Untersucher mit uneinheitlichem Vorgehen bei der Untersuchung. Die Ergebnisse einer deskriptiven Studie können in einer kontrollierten klinischen Studie nicht immer bestätigt werden. Als Beispiel sei hier die Veröffentlichung von Caillouette und Koehler (1987) erwähnt, deren Beobachtung von Grimes et al. (1994) im Rahmen einer klinischen Studie nicht bestätigt werden konnten.

In dieser Arbeit konnte von insgesamt 76% aller Augen aus dem Patientenkollektiv Informationen bezüglich des postoperativen Verlaufs erhalten werden. Nur 44% der Patienten erschienen zu einer zusätzlichen Kontrolluntersuchung und von 36% aller Augen konnte eine Untersuchung mit optischer Kohärenztomographie durchgeführt werden. Hier zeigt sich, wie erwartet, der hohe Verlust von Studienpatienten. Trotz des begrenzten wissenschaftlichen Werts sind deskriptive Studien häufig von klinischem Interesse, falls keine Ergebnisse aus kontrollierten klinischen Therapiestudien vorliegen. Daneben sind kontrollierte klinische Studien nur bei einwandfreier Methodik aussagekräftig und die Übertragung der unter Studienbedingungen gewonnenen Resultate auf den klinischen Alltag muss gelingen. Auch eine deskriptive Arbeit ist somit wertvoll, vor allem unter dem Aspekt einer Erfolgskontrolle und im Hinblick auf Qualitätsmanagement.

5 Zusammenfassung

In der Therapie rhegmatogener Netzhautablösungen gibt es mit der eindellenden extraokularen Chirurgie und der Pars-plana Vitrektomie zwei konkurrierende Operationsmethoden. Heutzutage wird die Pars-plana Vitrektomie auch bei Augen mit einfachen Ausgangsbefunden immer häufiger als primäre Operationsmethode eingesetzt und gerade deshalb ist es wichtig unter Abwägung der Vorteile und Risiken die beste Operationstechnik zu finden. Das Ziel dieser Arbeit war die Beschreibung der Ergebnisse der primären Pars-plana Vitrektomie ohne zusätzlich eindellende Chirurgie in einem Patientenkollektiv mit komplexer rhegmatogener Netzhautablösung bezüglich des anatomischen Erfolgs, der Sehschärfe und den Komplikationen. Darüber hinaus sollte mittels optischer Kohärenztomographie geklärt werden, welche ultrastrukturellen Veränderungen nach rhegmatogener Netzhautablösung und vitreoretinaler Chirurgie im Makulabereich nachweisbar sind.

Im Beobachtungszeitraum wurden 626 Augen primär bei einer rhegmatogenen Netzhautablösung operiert. 229 Augen wurden mit einer primären Pars-plana Vitrektomie versorgt, wovon 117 Augen ohne zusätzliche eindellende extraokulare Chirurgie operiert wurden. In diesem Patientenkollektiv fanden sich vor allem komplizierte Netzhautablösungen, wie zum Beispiel Riesenrisse, Glaskörperblutungen, multiple Netzhautlöcher oder Augen mit proliferativer Vitreoretinopathie. Durch Aktenauswertung, Befragung von Augenärzten und zusätzliche Kontrolluntersuchungen konnten 89 Augen von 117 Augen bezüglich der relevanten Endpunkte länger als 6 Monate nachbeobachtet werden. Eine objektive ultrastrukturelle Analyse der Makula mit der optischen Kohärenztomographie konnte bei 42 Augen durchgeführt werden.

Eine dauerhafte Netzhautanlage konnte mit der primären Pars-plana Vitrektomie bei 86,5% aller Augen erreicht werden. Erneute Netzhautablösungen traten in einem Zeitraum von zwei Wochen bis vier Monaten nach der ersten Operation auf und in 2/3 der Fälle waren neue Netzhautlöcher die Ursache der erneuten Netzhautablösung. Eine andere Ursache für Misserfolg war eine proliferative Vitreoretinopathie. Mit der zweiten Operation konnten 98,8 % aller Netzhautablösungen erfolgreich behandelt werden. Bei einem Auge konnte eine beginnende Phtisis bulbi bei lange bestehender PVR Stadium C durch die Vitrektomie nicht verhindert werden.

Für den Patienten hat das funktionelle Ergebnis die größte Bedeutung. Am Ende der Beobachtung profitierten alle Patienten mit präoperativ abgehobener Makula durch eine Verbesserung der Sehschärfe von der Behandlung. Eine Verschlechterung der Sehschärfe erlitten 7,3% der Patienten mit präoperativ anliegender Makula. Die

Ursache der Einbuße der Sehschärfe war in allen Fällen eine erneute Netzhautablösung, was die Bedeutung des primären anatomischen Erfolgs besonders hervorhebt. Der zeitliche Verlauf der Sehschärfe nach der Vitrektomie zeigte in den ersten drei Monaten eine Phase mit deutlicher Rehabilitation der Sehschärfe. Im weiteren Verlauf war über den gesamten Beobachtungszeitraum von bis zu zwei Jahren ein leichtes weiteres Ansteigen der Sehschärfe zu beobachten.

Über 90% der phaken Augen entwickelten nach der Vitrektomie eine Cataracta complicata. Diese trat bei allen Patienten auf, die zum Zeitpunkt der Vitrektomie älter als 50 Jahre waren. Es ist daher zu überlegen, ob man die primäre Pars-plana Vitrektomie mit einer Kataraktoperation kombiniert. Vorteil für den Patienten wäre die Vermeidung einer weiteren Operation. Mit 9% war eine epiretinale Gliose ebenfalls eine häufige Komplikation. Weitere Komplikationen umfassten Sekundärglaukom (4,5%), Makulaforamen (1,1%), Makulaödem (1,1%), PFC-Retention (2,2%), hintere Synechien (2,2%) und Diplopie (1,1%).

Insgesamt waren die Ergebnisse der Pars-plana Vitrektomie ohne eindellende Chirurgie insbesondere unter dem Aspekt der komplexen Ausgangsbefunde und des hohen primären Behandlungserfolgs gut. Somit vergrößern die Ergebnisse dieser Arbeit die Zweifel, dass bei gründlicher Säuberung der Glaskörperbasis und bei Fehlen pathologischer Veränderungen an der Glaskörperbasis mit einer zusätzlichen Cerclage höhere Erfolgsraten möglich sind.

Mit der optischen Kohärenztomographie konnte postoperativ bei 64% der untersuchten Augen eine morphologisch unauffällige Makula dargestellt werden. Aus einem unauffälligen OCT-Befund konnte nicht auf die Sehschärfe geschlossen werden. Die häufigste morphologische Veränderung war bei 19% der untersuchten Augen eine epiretinale Gliose. Es war überraschend diese Veränderung so häufig zu finden. Besonders auffällig war, dass die epiretinale Gliose fast ausschließlich bei Augen nach Netzhautablösung mit Makulabeteiligung vorkam. Was letztendlich bei den Augen mit Makulabeteiligung den Auslöser für diesen pathologischen Prozess darstellt ist bisher nicht geklärt. Die quantitative Auswertung der Netzhautdicken der morphologisch unauffälligen Augen nach Netzhautablösung offenbarte unabhängig von einer Makulabeteiligung eine Erhöhung des Makulavolumens gegenüber dem gesunden Partnerauge. Die Tendenzen waren eindeutig, konnten aber auf Grund der geringen Fallzahlen keine statistische Signifikanz erreichen. Über die ursächlichen pathophysiologischen Mechanismen lässt sich keine Aussage treffen. Trotzdem gibt diese Beobachtung Hinweise auf Regenerationsvorgänge nach Netzhautablösung, die durch weitergehende experimentelle Studien und klinische Beobachtungen in einem größeren Umfang systematisch analysiert werden könnten.

6 Abstract

There are two existing treating methods for rhegmatogenous retinal detachment, scleral buckling surgery and primary pars plana vitrectomy. Over the past years vitrectomy gained an expanding role as the procedure of choice in treating rhegmatogenous retinal detachment. To define the optimal method for treating retinal detachment, it is important to discuss advantages, complications and limitations of each technique. Our purpose was to examine primary pars plana vitrectomy treatment without additional scleral buckling for rhegmatogenous retinal detachment. Main outcome measures were anatomic success rates, visual acuity and complications. Optical coherence tomography was used to investigate ultrastructural changes after vitreoretinal surgery of the macula.

The medical records of 626 consecutive patients with rhegmatogenous retinal detachment were reviewed. 229 eyes were treated by primary pars plana vitrectomy and 117 eyes were treated without additional scleral buckling. Most of these 117 eyes had complicated retinal detachment including giant retinal tears, dense vitreous opacities, retinal detachment with multiple breaks and proliferative vitreoretinopathy. The study group consisted of 89 eyes, which had a minimal follow-up of 6 months regarding the defined endpoints. Optical coherence tomography could be performed in 42 eyes.

Primary pars plana vitrectomy yielded a reattachment rate of 86.5%. Redetachment occurred from 2 weeks to 4 months postoperatively and two of three redetachments were associated with new retinal breaks. Proliferative vitreoretinopathy was another reason for redetachment. The second-procedure success rate was 98.8%. Only one eye with long existing proliferative vitreoretinopathy stadium c and beginning phthisis bulbi ended in phthisis.

Functional outcome is most important for the patient. In the end (of follow-up) all patients with macula-off detachment had improved their visual acuity. 7.3% with macula-on detachment suffered a deterioration of visual acuity in the end. In all these cases redetachment was the cause of loss of visual acuity. This underlines the importance of primary anatomic success. Postoperative visual recovery reached nearly the maximal endpoint after 3 months, although visual acuity continued to improve slightly up to 24 months postoperatively.

After previous retinal detachment repair by primary pars plana vitrectomy 90% of preoperatively phakic eyes developed secondary cataract. At the time of primary pars plana vitrectomy all patients with postoperative cataract formation were older than 50 years. Combined pars plana vitrectomy, phacoemulsification and intraocular lens

implantation could successfully restore vision in these patients. Epiretinal membranes were another frequent complication after primary pars plana vitrectomy (9%). Other complications included secondary glaucoma (4.5%), macula hole (1.1%), macula oedema (1.1%), perfluorocarbon retention (2.2%), posterior synechiae (2.2%) and diplopia (1.1%).

In all patients periphery vitrectomy including extended vitreous base cleaning with scleral indentation and examination was performed. The single-procedure success rate for the treatment of complicated retinal detachment in this case series was very high. Postoperative proliferative vitreoretinopathy also occurred rarely. So there is good reason to doubt, that additional cerclage would yield higher single-procedure success rate. Additional cerclage may be indicated in cases of additional pathology at vitreous base.

Postoperativ assessed optical coherence tomography showed normal microanatomy with presence of foveal depression and absence of cystoid macula edema in 64%. Absence of morphological changes of the macula after retinal detachment can not predict normal visual acuity. Most frequent structural change was an epiretinal membrane (19%). Almost every epiretinal membrane was found in eyes with macula-off detachment. The trigger for the formation of epiretinal membranes in eyes with macula-off detachment remains unclear. Retinal thickness analysis of the morphological intact eyes yielded a higher macula volume compared to the healthy partner eye independent from preoperative macula-status. This trend was very clear, but could not reach statistical significance due to a small collective. Although these results indicate that there is cellular remodelling after retinal detachment independent of macula-status, this type of study can make no statement to the pathophysiological mechanisms.

7 Literaturverzeichnis

- Abrams GW, Azen SP, McCuen BW, Flynn HW, Jr., Lai MY, Ryan SJ. Vitrectomy with silicone oil or long-acting gas in eyes with severe proliferative vitreoretinopathy: results of additional and long-term follow-up. Silicone Study report 11. Arch Ophthalmol 1997; 115: 335-344.
- Ah-Fat FG, Sharma MC, Majid MA, McGalliard JN, Wong D. Trends in vitreoretinal surgery at a tertiary referral centre: 1987 to 1996. Br J Ophthalmol 1999; 83: 396-398.
- Ahmadi H, Moradian S, Faghihi H, Parvaresh MM, Ghanbari H, Mehryar M, Heidari E, Behboudi H, Banaee T, Golestan B. Anatomic and visual outcomes of scleral buckling versus primary vitrectomy in pseudophakic and aphakic retinal detachment: six-month follow-up results of a single operation--report no. 1. Ophthalmology 2005; 112: 1421-1429.
- Ambati J, Arroyo JG. Postoperative complications of scleral buckling surgery. Int Ophthalmol Clin 2000; 40: 175-185.
- Barrie T, Kreissig I, Heimann H, Holz ER, Mieler WF. Repair of a primary rhegmatogenous retinal detachment. Br J Ophthalmol 2003; 87: 782-790.
- Bartz-Schmidt KU, Kirchhof B, Heimann K. Primary vitrectomy for pseudophakic retinal detachment. Br J Ophthalmol 1996; 80: 346-349.
- Beekhuis WH, Ando F, Zivovnjovic R, Mertens DA, Peperkamp E. Basal iridectomy at 6 o'clock in the aphakic eye treated with silicone oil: prevention of keratopathy and secondary glaucoma. Br J Ophthalmol 1987; 71: 197-200.
- Benson WE, Cruickshanks KC, Fong DS, Williams GA, Bloome MA, Frambach DA, Kreiger AE, Murphy RP. Surgical management of macular holes: a report by the American Academy of Ophthalmology. Ophthalmology 2001; 108: 1328-1335.
- Bonnet M. Clinical factors predisposing to massive proliferative vitreoretinopathy in rhegmatogenous retinal detachment. Ophthalmologica 1984; 188: 148-152.
- Bourke RD, Simpson RN, Cooling RJ, Sparrow JR. The stability of Perfluor-N-octane during vitreoretinal procedures. Arch Ophthalmol 1996; 114: 537-544.
- Bovey EH, Gonvers M, Sahli O. [Surgical treatment of retinal detachment in pseudophakia: comparison between vitrectomy and scleral buckling]. Klin Monatsbl Augenheilkd 1998; 212: 314-317.
- Brazitikos PD. The expanding role of primary pars plana vitrectomy in the treatment of rhegmatogenous noncomplicated retinal detachment. Semin Ophthalmol 2000; 15: 65-77.

- Brazitikos PD, D'Amico DJ, Tsinopoulos IT, Stangos NT. Primary vitrectomy with Perfluor-n-octane use in the treatment of pseudophakic retinal detachment with undetected retinal breaks. *Retina* 1999; 19: 103-109.
- Caillouette JC, Koehler AL. Phasic contraceptive pills and functional ovarian cysts. *Am J Obstet Gynecol* 1987; 156: 1538-1542.
- Campbell DG, Simmons RJ, Grant WM. Ghost cells as a cause of glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1976; 81: 441-450.
- Campo RV, Sipperley JO, Sneed SR, Park DW, Dugel PU, Jacobsen J, Flindall RJ. Pars plana vitrectomy without scleral buckle for pseudophakic retinal detachments. *Ophthalmology* 1999; 106: 1811-1815.
- Chang S. Low viscosity liquid fluorochemicals in vitreous surgery. *Am J Ophthalmol* 1987; 103: 38-43.
- Chang S, Ozmert E, Zimmerman NJ. Intraoperative Perfluorocarbon liquids in the management of proliferative vitreoretinopathy. *Am J Ophthalmol* 1988; 106: 668-674.
- Chang S, Zimmerman NJ, Iwamoto T, Ortiz R, Faris D. Experimental vitreous replacement with Perfluorotributylamine. *Am J Ophthalmol* 1987; 103: 29-37.
- Charteris DG. Proliferative vitreoretinopathy: pathobiology, surgical management, and adjunctive treatment. *Br J Ophthalmol* 1995; 79: 953-960.
- Cibis PA, Becker B, Okun E, Canaan S. The use of liquid silicone in retinal detachment surgery. *Arch Ophthalmol* 1962; 68: 590-9.
- Coonan P, Fung WE, Webster RG, Allen AW, Abbott RL. The incidence of retinal detachment following extracapsular cataract extraction. A ten-year study. *Ophthalmology* 1985; 92: 1096-1101.
- Cox MS, Azen SP, Barr CC, Linton KL, Diddie KR, Lai MY, Freeman HM, Irvine A. Macular pucker after successful surgery for proliferative vitreoretinopathy. Silicone Study Report 8. *Ophthalmology* 1995; 102: 1884-1891.
- Custodis E. Bedeutet die Plombenaufnähung auf die Sclera einen Fortschritt in der Behandlung der Netzhautablösung? *Ber Dtsch Ophthalmol Ges* 1953; 58: 102-105.
- Demetriades AM, Gottsch JD, Thomsen R, Azab A, Stark WJ, Campochiaro PA, de Juan E Jr, Haller JA. Combined phacoemulsification, intraocular lens implantation, and vitrectomy for eyes with coexisting cataract and vitreoretinal pathology. *Am J Ophthalmol* 2003; 135: 291-296.
- Desai UR, Strassman IB. Combined pars plana vitrectomy and scleral buckling for pseudophakic and aphakic retinal detachments in which a break is not seen preoperatively. *Ophthalmic Surg Lasers* 1997; 28: 718-722.

Devenyi RG, de Carvalho NH. Combined scleral buckle and pars plana vitrectomy as a primary procedure for pseudophakic retinal detachments. *Ophthalmic Surg Lasers* 1999; 30: 615-618.

el Asrar AM. Primary vitrectomy for bullous rhegmatogenous retinal detachments due to complex breaks. *Eur J Ophthalmol* 1997; 7: 322-326.

Escoffery RF, Olk RJ, Grand MG, Boniuk I. Vitrectomy without scleral buckling for primary rhegmatogenous retinal detachment. *Am J Ophthalmol* 1985; 99: 275-281.

Farr AK, Guyton DL. Strabismus after retinal detachment surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2000; 11: 207-210.

Faude F, Meier P, Wiedemann P. [Scleral buckling operations in rhegmatous retinal detachment]. *Ophthalmologie* 2002; 99: 308-321.

Fineberg E, Machemer R, Sullivan P, Norton EW, Hamasaki D, Anderson D. Sulfur hexafluoride in owl monkey vitreous cavity. *Am J Ophthalmol* 1975; 79: 67-76.

Fisher SK, Erickson PA, Lewis GP, Anderson DH. Intraretinal proliferation induced by retinal detachment. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1991; 32: 1739-1748.

Foster RE, Meyers SM. Recurrent retinal detachment more than 1 year after reattachment. *Ophthalmology* 2002; 109: 1821-1827.

Francois J, Verbraeken H. Relationship between the drainage of the subretinal fluid in retinal detachment surgery and the appearance of macular pucker. *Ophthalmologica* 1979; 179: 111-114.

Friberg TR, Eller AW. Prediction of visual recovery after scleral buckling of macula-off retinal detachments. *Am J Ophthalmol* 1992; 114: 715-722.

Gibran SK, Alwitry A, Cleary PE. Foveal detachment after successful retinal reattachment for macula on rhegmatogeneous retinal detachment: an ocular coherence tomography evaluation. *Eye* 2005; [Epub ahead of print]

Girard P, Mimoun G, Karpouzas I, Montefiore G. Clinical risk factors for proliferative vitreoretinopathy after retinal detachment surgery. *Retina* 1994; 14 : 417-424.

Girard P, Karpouzas I. Visual acuity after scleral buckling surgery. *Ophthalmologica* 1995; 209: 323-328.

Gonin J. The treatment of detached retina by searing the retinal tears. *Arch Ophthalmol* 1930; 4: 621-625.

Grimes DA, Godwin AJ, Rubin A, Smith JA, Lacarra M. Ovulation and follicular development associated with three low-dose oral contraceptives: a randomized controlled trial. *Obstet Gynecol* 1994; 83: 29-34.

- Grizzard WS, Hilton GF, Hammer ME, Taren D. A multivariate analysis of anatomic success of retinal detachments treated with scleral buckling. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1994; 232: 1-7.
- Hagimura N, Iida T, Suto K, Kishi S. Persistent foveal retinal detachment after successful rhegmatogenous retinal detachment surgery. *Am J Ophthalmol* 2002; 133: 516-520.
- Haimann MH, Burton TC, Brown CK. Epidemiology of retinal detachment. *Arch Ophthalmol* 1982; 100: 289-292.
- Hassan TS, Sarrafizadeh R, Ruby AJ, Garretson BR, Kuczynski B, Williams GA. The effect of duration of macular detachment on results after the scleral buckle repair of primary, macula-off retinal detachments. *Ophthalmology* 2002; 109: 146-152.
- Hayashi M, Yamamoto S. Changes of cone electroretinograms to colour flash stimuli after successful retinal detachment surgery. *Br J Ophthalmol* 2001; 85: 410-413.
- Hayreh SS, Scott WE. Anterior segment ischemia following retinal detachment surgery. *Mod Probl Ophthalmol* 1979; 20: 148-53.
- Heimann H, Bornfeld N, Friedrichs W, Helbig H, Kellner U, Korra A, Foerster MH. Primary vitrectomy without scleral buckling for rhegmatogenous retinal detachment. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1996; 234: 561-568.
- Heimann H, Hellmich M, Bornfeld N, Bartz-Schmidt KU, Hilgers RD, Foerster MH. Scleral buckling versus primary vitrectomy in rhegmatogenous retinal detachment (SPR Study): design issues and implications. SPR Study report no. 1. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2001; 239: 567-574.
- Heimann H, Zou X, Jandek C, Kellner U, Bechrakis NE, Kreusel KM, Helbig H, Krause L, Schuler A, Bornfeld N, Foerster MH. Primary vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment: an analysis of 512 cases. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2006; 244: 69-78.
- Hilton GF, Grizzard WS. Pneumatic retinopexy. A two-step outpatient operation without conjunctival incision. *Ophthalmology* 1986; 93: 626-641.
- Hoerauf H, Roeder J, Herboth T, Hager A, Laqua H. [Outcome after vitrectomy in rhegmatogenous retinal detachment and dense vitreous opacities]. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1997; 211: 369-374.
- Hoing C, Heidenkummer HP, Kampik A. [Primary vitrectomy in rhegmatogenous retinal detachment]. *Ophthalmologe* 1995; 92: 668-671.
- Hsuan JD, Brown NA, Bron AJ, Patel CK, Rosen PH. Posterior subcapsular and nuclear cataract after vitrectomy. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27: 437-444.

- Ito Y, Sasoh M, Ido M, Osawa S, Wakitani Y, Uji Y. Effects of scleral buckling without encircling procedures on retrobulbar hemodynamics as measured by color Doppler imaging. *Arch Ophthalmol* 2005; 123: 950-953.
- Javitt JC, Tielsch JM, Canner JK, Kolb MM, Sommer A, Steinberg EP. National outcomes of cataract extraction. Increased risk of retinal complications associated with Nd:YAG laser capsulotomy. The Cataract Patient Outcomes Research Team. *Ophthalmology* 1992; 99: 1487-1497.
- Javitt JC, Vitale S, Canner JK, Krakauer H, McBean AM, Sommer A. National outcomes of cataract extraction. I. Retinal detachment after inpatient surgery. *Ophthalmology* 1991; 98: 895-902.
- Johnson Z, Ramsay A, Cottrell D, Mitchell K, Stannard K. Triple cycle audit of primary retinal detachment surgery. *Eye* 2002; 16: 513-518.
- Klöti R. Amotio-Chirurgie ohne Scleraeindellung. Primäre Vitrektomie. *Klin Mbl Augenheilk* 1983; 182: 474-478.
- Kon CH, Asaria RH, Occleston NL, Khaw PT, Aylward GW. Risk factors for proliferative vitreoretinopathy after primary vitrectomy: a prospective study. *Br J Ophthalmol* 2000; 84: 506-511.
- Kubay OV, Charteris DG, Newland HS, Raymond GL. Retinal detachment neuropathology and potential strategies for neuroprotection. *Surv Ophthalmol* 2005; 50: 463-475.
- Kusaka S, Toshino A, Ohashi Y, Sakaue E. Long-term visual recovery after scleral buckling for macula-off retinal detachments. *Jpn J Ophthalmol* 1998; 42: 218-222.
- Le Mer Y, Kroll P. [Liquid Perfluorocarbon in treatment of giant tears]. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1991; 199: 256-258.
- Le Rouic JF, Behar-Cohen F, Azan F, Bertin S, Bettembourg O, Rumen F, Caudron C, Renard G, Chauvaud D. [Vitrectomy without scleral buckle versus ab-externo approach for pseudophakic retinal detachment: comparative retrospective study]. *J Fr Ophtalmol* 2002; 25: 240-245.
- Lecleire-Collet A, Muraine M, Menard JF, Brasseur G. Predictive visual outcome after macula-off retinal detachment surgery using optical coherence tomography. *Retina* 2005; 25: 44-53.
- Liem AT, Keunen JE, van Meel GJ, van Norren D. Serial foveal densitometry and visual function after retinal detachment surgery with macular involvement. *Ophthalmology* 1994; 101: 1945-1952.
- Lincoff H, Mardirossian J, Lincoff A, Liggett P, Iwamoto T, Jakobiec F. Intravitreal longevity of three Perfluorocarbon gases. *Arch Ophthalmol* 1980; 98: 1610-1611.

- Lincoff H, O'Connor P, Kreissig I. Die Retina-Adhäsion nach Kryopexie. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1970; 156: 771-783.
- Lincoff HA, Baras I, McLean J. Modifications to the Custodis procedure for retinal detachment. *Arch Ophthalmol* 1965; 73: 160-3.
- Lois N, Wong D. Pseudophakic retinal detachment. *Surv Ophthalmol* 2003; 48: 467-487.
- Machemer R, Buettner H, Norton EW, Parel JM. Vitrectomy: a pars plana approach. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol* 1971; 75: 813-820.
- Machemer R, Aaberg TM, Freeman HM, Irvine AR, Lean JS, Michels RM. An updated classification of retinal detachment with proliferative vitreoretinopathy. *Am J Ophthalmol* 1991; 112: 159-165.
- Mamalis N, Teske MP, Kreisler KR, Zimmerman PL, Crandall AS, Olson RJ. Phacoemulsification combined with pars plana vitrectomy. *Ophthalmic Surg* 1991; 22: 194-198.
- McLean EB, Norton EW. Use of intraocular air and sulfur hexafluoride gas in the repair of selected retinal detachments. *Mod Probl Ophthalmol* 1974; 12: 428-435.
- Melberg NS, Thomas MA. Nuclear sclerotic cataract after vitrectomy in patients younger than 50 years of age. *Ophthalmology* 1995; 102: 1466-1471.
- Miki D, Hida T, Hotta K, Shinoda K, Hirakata A. Comparison of scleral buckling and vitrectomy for retinal detachment resulting from flap tears in superior quadrants. *Jpn J Ophthalmol* 2001; 45: 187-191.
- Minihan M, Tanner V, Williamson TH. Primary rhegmatogenous retinal detachment: 20 years of change. *Br J Ophthalmol* 2001; 85: 546-548.
- Morse PH. Scleral buckling for retinal separation: with and without encirclement. *Ann Ophthalmol* 1988; 20: 92-94.
- Nagasaki H, Shinagawa K, Mochizuki M. Risk factors for proliferative vitreoretinopathy. *Prog Retin Eye Res* 1998; 17: 77-98.
- Nguyen QD, Lashkari K, Hirose T, Pruett RC, McMeel JW, Schepens CL. Erosion and intrusion of silicone rubber scleral buckle. Presentation and management. *Retina* 2001; 21: 214-220.
- Norregaard JC, Thoning H, Andersen TF, Bernth-Petersen P, Javitt JC, Anderson GF. Risk of retinal detachment following cataract extraction: results from the International Cataract Surgery Outcomes Study. *Br J Ophthalmol* 1996; 80: 689-693.

Norton EW. Intraocular gas in the management of selected retinal detachments. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol* 1973; 77: 85-98.

Ogura Y, Takanashi T, Ishigooka H, Ogino N. Quantitative analysis of lens changes after vitrectomy by fluorophotometry. *Am J Ophthalmol* 1991; 111: 179-183.

Ohm. Über die Behandlung der Netzhautablösung durch operative Entleerung der subretinalen Flüssigkeit und Einspritzung von Luft in den Glaskörper. *Arch f Ophthalmologie* 1911; 79: 442.

Olsen G, Olson RJ. Update on a long-term, prospective study of capsulotomy and retinal detachment rates after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26: 1017-1021.

Oshima Y, Emi K, Motokura M, Yamanishi S. Survey of surgical indications and results of primary pars plana vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachments. *Jpn J Ophthalmol* 1999; 43: 120-126.

Oshima Y, Yamanishi S, Sawa M, Motokura M, Harino S, Emi K. Two-year follow-up study comparing primary vitrectomy with scleral buckling for macula-off rhegmatogenous retinal detachment. *Jpn J Ophthalmol* 2000; 44: 538-549.

Panozzo G, Parolini B. Cataracts associated with posterior segment surgery. *Ophthalmol Clin North Am* 2004; 17: 557-68.

Pastor JC, de la Rua ER, Martin F. Proliferative vitreoretinopathy: risk factors and pathobiology. *Prog Retin Eye Res* 2002; 21: 127-144.

Pearlstone AD. The incidence of idiopathic preretinal macular gliosis. *Ann Ophthalmol* 1985; 17: 378-380.

Phelps CD, Burton TC. Glaucoma and retinal detachment. *Arch Ophthalmol* 1977; 95: 418-422.

Pournaras CJ, Donati G, Sekkat L, Kapetanios AD. [Pseudophakic retinal detachment: treatment by vitrectomy and scleral buckling. Pilot study]. *J Fr Ophtalmol* 2000; 23: 1006-1011.

Pournaras CJ, Kapetanios AD. Primary vitrectomy for pseudophakic retinal detachment: a prospective non-randomized study. *Eur J Ophthalmol* 2003; 13: 298-306.

Richardson EC, Verma S, Green WT, Woon H, Chignell AH. Primary vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment: an analysis of failure. *Eur J Ophthalmol* 2000; 10: 160-166.

Ripandelli G, Coppe AM, Fedeli R, Parisi V, D'Amico DJ, Stirpe M. Evaluation of primary surgical procedures for retinal detachment with macular hole in highly

- myopic eyes: a comparison [corrected] of vitrectomy versus posterior episcleral buckling surgery. *Ophthalmology* 2001; 108: 2258-2264.
- Roider J, Hoerauf H, Hager A, Herboth T, Laqua H. [Conventional ablation surgery or primary vitrectomy in complicated retinal holes]. *Ophthalmologie* 2001; 98: 887-891.
- Rosengren B. Über die Behandlung der Netzhautablösung mittelst Diathermie und Luftinjektion in den Glaskörper. *Acta Ophthalmol* 1938; 16: 3-42.
- Ross W, Lavina A, Russell M, Maberley D. The correlation between height of macular detachment and visual outcome in macula-off retinal detachments of ≤ 7 days' duration. *Ophthalmology* 2005; 112: 1213-1217.
- Ross WH, Kozy DW. Visual recovery in macula-off rhegmatogenous retinal detachments. *Ophthalmology* 1998; 105: 2149-2153.
- Rowe JA, Erie JC, Baratz KH, Hodge DO, Gray DT, Butterfield L, Robertson DM. Retinal detachment in Olmsted County, Minnesota, 1976 through 1995. *Ophthalmology* 1999; 106: 154-159.
- Safar K. Behandlung der Netzhautabhebung mit Elektroden für multiple diathermische Stichelung. *Ber Dtsch Ophthalmol Ges* 1932; 49, 119-124.
- Sakai T, Lewis GP, Linberg KA, Fisher SK. The ability of hyperoxia to limit the effects of experimental detachment in cone-dominated retina. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001; 42: 3264-3273.
- Sato T, Kawasaki T, Okuyama M, Ideta H. Refractive changes following scleral buckling surgery in juvenile retinal detachment. *Retina* 2003; 23: 629-635.
- Scheie HG, Morse PH, Aminlari A. Incidence of retinal detachment following cataract extraction. *Arch Ophthalmol* 1973; 89: 293-295.
- Schepens CL. A new ophthalmoscope demonstration. *Acad Ophthalmol Otolaryngol* 1947; 85: 565-569.
- Schepens CL, Okamura ID, Brockhurst RJ. The scleral buckling procedures. I. Surgical techniques and management. *AMA Arch Ophthalmol* 1957; 58: 797-811.
- Schepens CL, Okamura ID, Brockhurst RJ, Regan CD. Scleral buckling procedures. V. Synthetic sutures and silicone implants. *Arch Ophthalmol* 1960; 64: 868-81.
- Schmidt JC, Nietgen GW, Hesse L, Kroll P. External diaphanosopic illuminator: a new device for visualization in pars plana vitrectomy. *Retina* 2000; 20: 103-106.
- Schmidt JC, Rodrigues EB, Hoerle S, Meyer CH, Kroll P. Primary vitrectomy in complicated rhegmatogenous retinal detachment--a survey of 205 eyes. *Ophthalmologica* 2003; 217: 387-392.

- Scott IU, Flynn HW, Jr., Murray TG, Feuer WJ. Outcomes of surgery for retinal detachment associated with proliferative vitreoretinopathy using perfluoro-n-octane: a multicenter study. *Am J Ophthalmol* 2003; 136: 454-463.
- Sebag J. Anomalous posterior vitreous detachment: a unifying concept in vitreo-retinal disease. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2004; 242: 690-698.
- Sell CH, McCuen BW, Landers MB, III, Machemer R. Long-term results of successful vitrectomy with silicone oil for advanced proliferative vitreoretinopathy. *Am J Ophthalmol* 1987; 103: 24-28.
- Shahidi M, Wang Z, Zelkha R. Quantitative thickness measurement of retinal layers imaged by optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2005; 139: 1056-1061.
- Shapland CD. Scleral resection lamellar or penetrating. *Br J Ophthalmol* 1953; 37: 177-180.
- Sharma T, Gopal L, Badrinath SS. Primary vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment associated with choroidal detachment. *Ophthalmology* 1998; 105: 2282-2285.
- Smiddy WE, Loupe DN, Michels RG, Enger C, Glaser BM, deBustros S. Refractive changes after scleral buckling surgery. *Arch Ophthalmol* 1989; 107: 1469-1471.
- Spitznas M. A binocular indirect ophthalmomicroscope (BIOM) for non-contact wide-angle vitreous surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1987; 225: 13-15.
- Spitznas M, Reiner J. A stereoscopic diagonal inverter (SDI) for wide-angle vitreous surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1987; 225: 9-12.
- Tani P, Robertson DM, Langworthy A. Rhegmatogenous retinal detachment without macular involvement treated with scleral buckling. *Am J Ophthalmol* 1980; 90: 503-508.
- Tanner V, Miniham M, Williamson TH. Management of inferior retinal breaks during pars plana vitrectomy for retinal detachment. *Br J Ophthalmol* 2001; 85: 480-482.
- Thompson JT. The role of patient age and intraocular gas use in cataract progression after vitrectomy for macular holes and epiretinal membranes. *Am J Ophthalmol* 2004; 137: 250-257.
- Tielsch JM, Legro MW, Cassard SD, Schein OD, Javitt JC, Singer AE, Bass EB, Steinberg EP. Risk factors for retinal detachment after cataract surgery. A population-based case-control study. *Ophthalmology* 1996; 103: 1537-1545.
- Tornambe PE, Hilton GF. Pneumatic retinopexy. A multicenter randomized controlled clinical trial comparing pneumatic retinopexy with scleral buckling. The Retinal Detachment Study Group. *Ophthalmology* 1989; 96: 772-783.

- Verbraeken H, Ryckaert S, De Meunynck C. Pars plana vitrectomy in aphakic and pseudophakic retinal detachment. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1986; 224: 203-204.
- Weir CR, Cleary M, Parks S, Barrie T, Hammer HM, Murdoch J. Spatial localization after different types of retinal detachment surgery. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001; 42: 1495-1498.
- Weller M, Wiedemann P, Heimann K. Proliferative vitreoretinopathy--is it anything more than wound healing at the wrong place? *Int Ophthalmol* 1990; 14: 105-117.
- Wilkinson CP. Visual results following scleral buckling for retinal detachments sparing the macula. *Retina* 1981; 1: 113-116.
- Wolfensberger TJ, Gonvers M. Optical coherence tomography in the evaluation of incomplete visual acuity recovery after macula-off retinal detachments. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2002; 240: 85-89.
- Yoshida A, Fekete GT, Green GJ, Goger DG, Matsushashi M, Jalkh AE, McMeel JW. Retinal circulatory changes after scleral buckling procedures. *Am J Ophthalmol* 1983; 95: 182-188.
- Ziemssen F, Bartz-Schmidt KU. [Vitrectomy with or without cerclage in the treatment of retinal detachment.]. *Ophthalmologe* 2004; 101: 554-562.
- Zivojnovic R, Mertens DA, Peperkamp E. [Liquid silicone in amotio surgery (II). Report on 280 cases - further development of the technic]. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1982; 181 : 444-452.

8 Anhang

8.1 Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abb 1: Selektion der Studienaugen aus dem Kollektiv rhegmatogener Netzhautablösungen.....	14
Tabelle 1: Skalierung der Visusstufen.....	23
Abb. 2: Relation der operativen Verfahren im Beobachtungszeitraum.....	27
Tabelle 2: Demographische Daten.....	28
Abb. 3: Anzahl der Netzhautlöcher.....	30
Tabelle 2: Präoperative Merkmale (n = 89).....	32
Tabelle 3: Intraoperative Befunde.....	33
Tabelle 4: Anatomische Ergebnisse.....	35
Abb. 3: Beziehung zwischen Sehschärfe bei Aufnahme und zum Ende (n = 89) ..	36
Tabelle 5 : Visusänderung von Aufnahme bis Ende der Untersuchung (n = 89) ..	37
Abb 4: Vergleich der postoperativen Sehschärfe für Augen ohne Makulabeteiligung und ihre Partneraugen	38
Abb 5: Vergleich der postoperativen Sehschärfe für Augen mit und ohne Makulabeteiligung.....	38
Abb 6: Sehschärfevergleich der Partneraugen zwischen Aufnahme und Ende der Nachbeobachtung.....	39
Tabelle 6 : Visusverlauf (n = 22).....	40
Tabelle 7: Anatomische und funktionelle Ergebnisse.....	40
Abb 7: Visusverlauf (n = 22).....	41
Tabelle 8: Postoperative Befunde.....	43
Abb 8: Beispiele für morphologische Befunde im OCT und Fundusphoto	45
Abb. 9 Morphologische Befunde im OCT bei epiretinaler Gliose.....	46
Tabelle 9: Befunde bei Augen mit Entwicklung eines Macular pucker	47
Tabelle 10: Quantitative Analyse der Makula in der Kontrollgruppe.....	48
Abb 10: Quantitative Unterschiede der Makula für Augen mit und ohne Makulabeteiligung im Vergleich zum Partnerauge	49
Tabelle 11: Quantitative Unterschiede der Makula im Patientenkollektiv	50
Tabelle 12: Veröffentlichte Ergebnisse der Vitrektomie mit oder ohne Cerclage ..	55
N/A = nicht angegeben	55
Abb. 11: Normale Morphologie der Makula mit unterschiedlicher Sehschärfe	62
Abb. 12: Linsenstatus im Verlauf.....	68
Abb. 13: Morphologie der Makula nach Entfernung einer epiretinalen Membran ..	71

8.2 Verzeichnis der akademischen Lehrer

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Bohnensack:	Biochemie
Fröhlich:	Makroskopische Anatomie
Hoffmann:	Chemie für Mediziner
Pape:	Physiologie
Robra:	Medizinische Soziologie
Von Specht:	Physik für Mediziner
Wendler:	Einführung in die klinische Medizin, Seminar Anatomie, Mikroskopische Anatomie
Wolf:	Biologie für Mediziner
Zlatner:	Medizinische Terminologie

Philipps-Universität Marburg

Arnold:	Innere Medizin I und II
Barth:	Spezielle Pathologie
Baum:	Allgemeinmedizin
Becker:	Kurs Innere Medizin und Anamnese
Christiansen:	Pädiatrie, Untersuchungskurs Kinderheilkunde
Czubayko:	Spezielle Pharmakologie
Folz:	Untersuchungskurs HNO
Gotzen:	Untersuchungskurs Chirurgie, akute Notfälle und erste ärztliche Hilfe
Griss:	Orthopädie
Jungclas	Radiologie und Strahlenschutz
Happle:	Dermatologie
Hellinger:	Chirurgie Teil I und II
Hesse:	Untersuchungskurs Augenheilkunde
Hofmann:	Urologie
Klenk:	Medizinische Mikrobiologie und Immunologie
Koolmann:	Allgemeine klinische Untersuchungen in dem nichtoperativen und operativen Stoffgebiet

Krieg:	Psychiatrie und Psychotherapie, Psychosomatische Medizin
Kroll:	Augenheilkunde
Moll:	Allgemeine Pathologie
Mutters:	Ökologisches Stoffgebiet
Oertel:	Neurologie, Neuroradiologie und Neurochirurgie, Untersuchungskurs Neurologie
Remmschmidt:	Psychiatrie und Psychotherapie des Kindes- und Jugendalters
Renz:	Klinische Chemie und Hämatologie
Schäfer:	Biomathematik für Humanmediziner
Schmidt:	Gynäkologie und Geburtshilfe
Vohland:	Allgemeine und systematische Pharmakologie und Toxikologie
Werner:	HNO-Heilkunde
Wulf:	Anästhesiologie, Intensivtherapie, Notfallmedizin und Schmerztherapie

8.3 Danksagung

Mein Dank gilt in erster Linie meinem Doktorvater Prof. Schmidt für die Betreuung dieser Arbeit. Seine Anregungen und seine Begeisterung für das Thema haben sehr viel zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Mit seinem Engagement hat er mir sehr beim Verständnis dieses vielschichtigen Themas geholfen.

Herrn Prof. Kroll möchte ich für seine freundliche Unterstützung und Interesse danken. Außerdem hat er dafür gesorgt, dass ich während langer Arbeitstage in der Augenklinik nicht hungern musste.

Danken möchte ich auch den Oberärzten Prof. Mennel, Prof. Meyer und Dr. Schulze. Sie haben mich wunderbar bei der Untersuchung der Patienten unterstützt und waren jederzeit ansprechbar für Fragen und Probleme.

Herzlichen Dank an das gesamte Team der Poliklinik und die Fotoabteilung der Augenklinik. Sie haben für eine reibungslose Integration der zusätzlichen Untersuchungen in den klinischen Alltag und somit kurze Wartezeiten für die Patienten gesorgt.

Außerdem möchte ich mich noch ausdrücklich bei Dr. Hörle bedanken, der als Experte für elektronische Datenverarbeitung für exzellente Arbeitsbedingungen auf diesem Bereich sorgte.

Bei meiner Familie möchte ich mich ganz besonders bedanken, denn Sie hat mir während der gesamten Arbeit Kraft gegeben, mich unterstützt und gefördert.